

ПРИРОДА



2
1966

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор
академик Д. И. ЩЕРБАКОВ

Доктор физико-математических наук
Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ (заместитель
главного редактора); кандидат
технических наук А. С. ФЕДОРОВ (заместитель
главного редактора); академик
А. И. БЕРГ; академик А. П. ВИНОГРАДОВ;
действительный член АМН СССР
В. В. ПАРИН; член-корреспондент АН
СССР В. Л. АСТАУРОВ; член-корреспондент
АН СССР Л. А. ЗЕНКЕВИЧ; член-корреспондент
АН СССР В. Л. КРЕТОВИЧ; член-корреспондент
АН СССР Г. М. ФРАНК; доктор физико-математических
наук Б. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ; доктор
физико-математических наук
С. П. КАПИЦА; кандидат философских
наук И. Ф. ОВЧИННИКОВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Академик А. Е. АРБУЗОВ (органическая
химия); академик И. К. КИКОИН (физика);
академик В. Н. СУКАЧЕВ (ботаника); академик
Н. В. ЦИЦИН (сельское хозяйство); член-корреспондент
АН СССР Э. А. АСРАТЯН (физиология); член-корреспондент
АН СССР В. Н. ДЕЛОНЕ (математика); член-корреспондент
АН СССР Б. М. КЕДРОВ (философия естествознания); член-корреспондент
АН СССР Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ (микробиология); член-корреспондент
АН СССР В. А. МАГНИЦКИЙ (геофизика); член-корреспондент
АН СССР Н. И. НУЖДИН (биология); член-корреспондент
АН СССР Р. З. САГДЕЕВ (физика); член-корреспондент
АН СССР А. П. ТЕРЕНТЬЕВ (органическая химия); член-корреспондент
АН СССР И. И. ТУМАНОВ (физиология растений); доктор
биологических наук А. Г. БАНИКОВ (зоология); доктор
физико-математических наук Б. В. КУКАРКИН (астрономия); доктор
философских наук Г. А. КУРСАНОВ (философия); доктор
географических наук К. К. МАРКОВ (география); доктор
биологических наук К. К. ФЛЕРОВ (палеонтология); доктор
биологических наук А. Н. ФОРМОЗОВ (экология,
зоогеография)

Процесс взаимодействия естествознания (в частности, физики и химии) с археологией проходит сейчас весьма интенсивно. Археология перестает быть чисто гуманитарной наукой. Может ли археолог, опираясь на результаты своих исследований, оспаривать те или иные утверждения физиков, внести свои поправки в выводы, сделанные на основе радиоуглеродного метода?

Об этом и многих других проблемах рассказывает статья Л. С. Клейна «Археология спорит с физикой»
Обложка художника Е. В. Крылова

ВЕЛИКАЯ ПОБЕДА СОВЕТСКОЙ НАУКИ

ТРАССА ЗЕМЛЯ—ЛУНА ОТКРЫТА

**УЧЕНЫМ И КОНСТРУКТОРАМ, ИНЖЕНЕРАМ, ТЕХНИКАМ
И РАБОЧИМ, ВСЕМ КОЛЛЕКТИВАМ И ОРГАНИЗАЦИЯМ, ПРИНИМАВШИМ
УЧАСТИЕ В СОЗДАНИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ЛУНА-9»
И ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЯГКОЙ ПОСАДКИ НА ЛУНУ**

Дорогие товарищи, друзья!

Нашей Советской Родине вписана новая замечательная страница в историю освоения космоса. 3 февраля 1966 года впервые в истории осуществлена мягкая посадка на Луну автоматической станции «Луна-9». С поверхности извечного спутника Земли успешно начаты первые радиотелевизионные передачи. Осуществление мягкой посадки на Луну — это выдающаяся победа советской науки и техники, являющаяся после запуска первого искусственного спутника Земли, первого полета человека в космос, первого выхода космонавта из корабля важнейшим этапом в освоении космоса.

При решении проблемы мягкой посадки на Луну советским ученым и конструкторам пришлось идти непроторенным путем, решать совершенно новые для космической

техники вопросы. И сегодня мы с радостью и гордостью можем оповестить весь мир, что советские люди в упорном творческом труде справились и с этой сложнейшей задачей.

Знаменательно, что этот научный подвиг совершен в канун XXIII съезда КПСС — исторического события в жизни нашей партии и всего советского народа.

Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР горячо поздравляют ученых и конструкторов, инженеров, техников и рабочих, коллективы и организации, принимавших участие в разработке, создании, запуске и обеспечении полета автоматической станции «Луна-9», всех, кто своим самоотверженным трудом сделал возможным новое

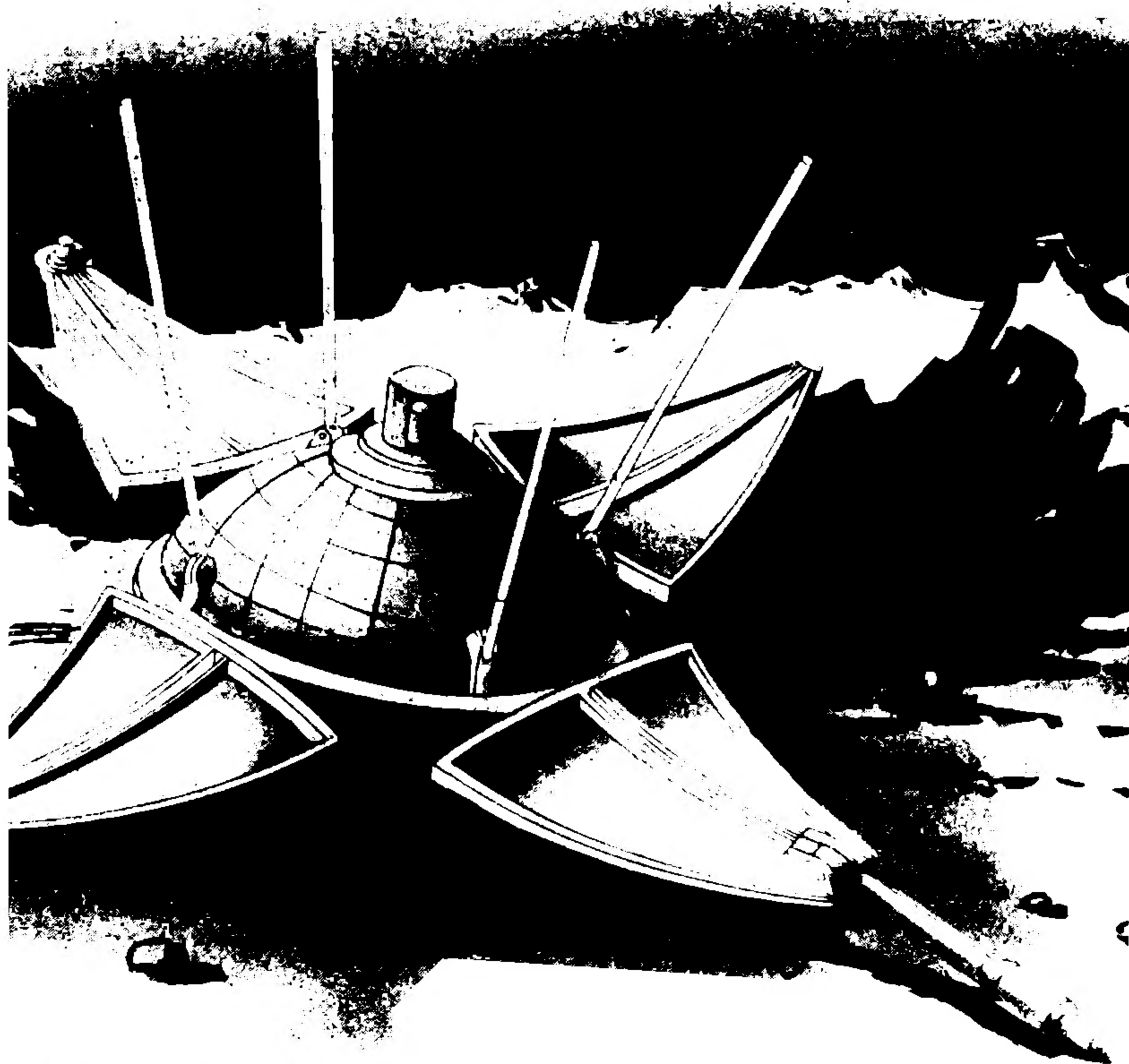
важнейшее достижение космонавтики — мягкую посадку автоматической станции на поверхность Луны.

Слава советскому народу-герою, народу-творцу, народу-преобразователю!

Да здравствует Коммунистическая партия Советского Союза — вдохновитель и организатор всех наших побед на благо Родины, во имя торжества коммунизма!

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ
КПСС
ПРЕЗИДИУМ ВЕРХОВНОГО
СОВЕТА СССР
СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР**

Автоматическая станция на
поверхности Луны (рисунок)





На фотографии — круговая панорама Луны, полученная с помощью телевизионной системы автоматической станции «Луна-9», при развертке изображения на 360° .

Как известно, автоматическая станция «Луна-9» находится на сравнительно ровном участке лунной поверхности вблизи экватора на восточной окраине Океана Бурь. Камера просматривает линию горизонта Луны, отстоящую примерно на полтора километра от нее. Масштаб изображения, как видно из фотографии, очень быстро уменьшается по мере удаления от станции. В непосредственной близости от станции, т. е. на переднем плане панорамы, разрешающая способность камеры достигает 1—2 мм, а вблизи видимого горизонта мо-

гут быть различимы только предметы размером более нескольких метров. Линия горизонта очень четкая, так как ввиду отсутствия на Луне атмосферы небо там совершенно черное.

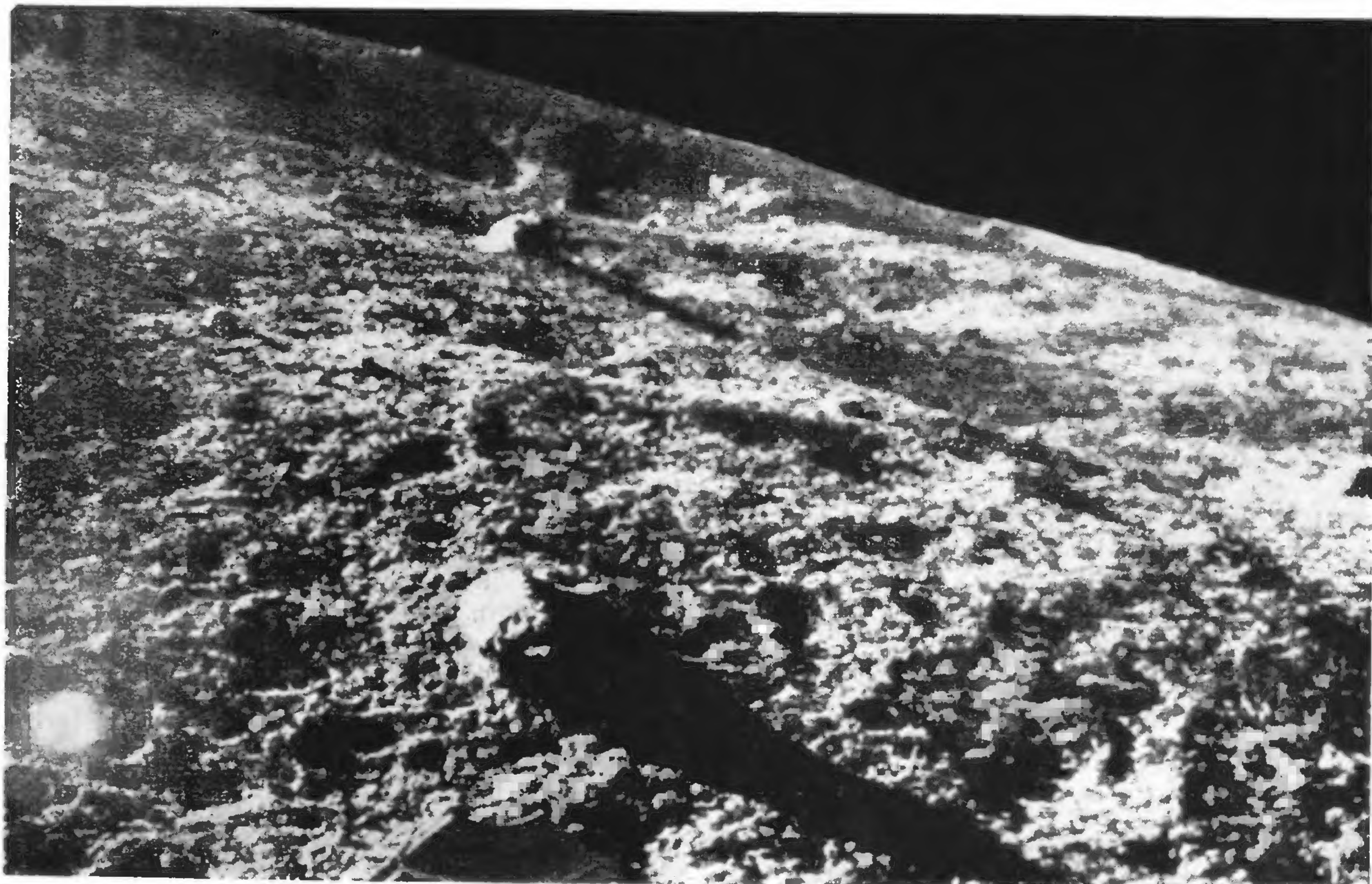
Фототелевизионная камера просматривает панораму высотой 30° . При вертикальной ориентации камеры линия горизонта была бы прямой, разделяющей снимок пополам. В действительности ось камеры наклонена в восточном направлении. В этой стороне линия горизонта выше верхнего края панорамы и поэтому не видна (центр снимка). К северу (слева от центра) и к югу линия горизонта снижается, а на западе опускается под нижний край панорамы. Поэтому на западе мы не видим лунной поверхности, и все поле зрения заполняет совер-

шенно черное лунное небо, на фоне которого видны лишь отдельные детали конструкции станции.

Панорама получена во время вечернего сеанса связи 5 февраля. Наклон фототелевизионной камеры был при этом несколько иным, чем 4 февраля, и это можно заметить, сравнивая соответствующие участки панорамы со снимками, помещенными ниже. Так, изображения деталей конструкции станции расположены немного иначе по отношению к лунному ландшафту.

Западный сектор протяженностью около 60° , в котором видны лишь небо и детали самой станции, 5 февраля не фотографировался и взят из съемок, сделанных накануне.

Снимки лунного ландшафта, принятые утром 4 февраля 1966 г. Лежащий на переднем плане снимка камень имеет размер около





Станция совершила посадку вблизи линии терминатора, т. е. в таком месте на Луне, где недавно вошло Солнце. Во время утреннего сеанса 4 февраля высота Солнца была всего лишь 7° , и на первых опубликованных снимках все выступы отбрасывали длинные тени, равные примерно десятикратной высоте предметов.

Во время второго сеанса — к вечеру 4 февраля — высота Солнца достигла 13° , и длина теней уменьшилась вдвое.

Во время съемки панорамы 5 февраля Солнце находилось уже на высоте 27° , и, следовательно тени стали вчетверо короче, чем на первых снимках.

Серия фотографий лунной поверхности, сделанных при различных высотах Солнца над го-

ризонтом, представляет исключительную ценность для исследования структуры лунной поверхности. Это дает возможность более обстоятельно определить особенности лунной поверхности: размеры впадин, высот, форму выступов.

Поверхность Луны в районе нахождения станции очень шероховата и имеет много мелких углублений и бугорков. Местами разбросаны отдельные образования типа камней. Некоторые из них, кажущиеся наиболее крупными, лежат на расстоянии нескольких метров от станции и имеют размеры 10—20 см. Размеры других образований, находящихся вдали, установить сложно, так как их величина скрадывается перспективой.

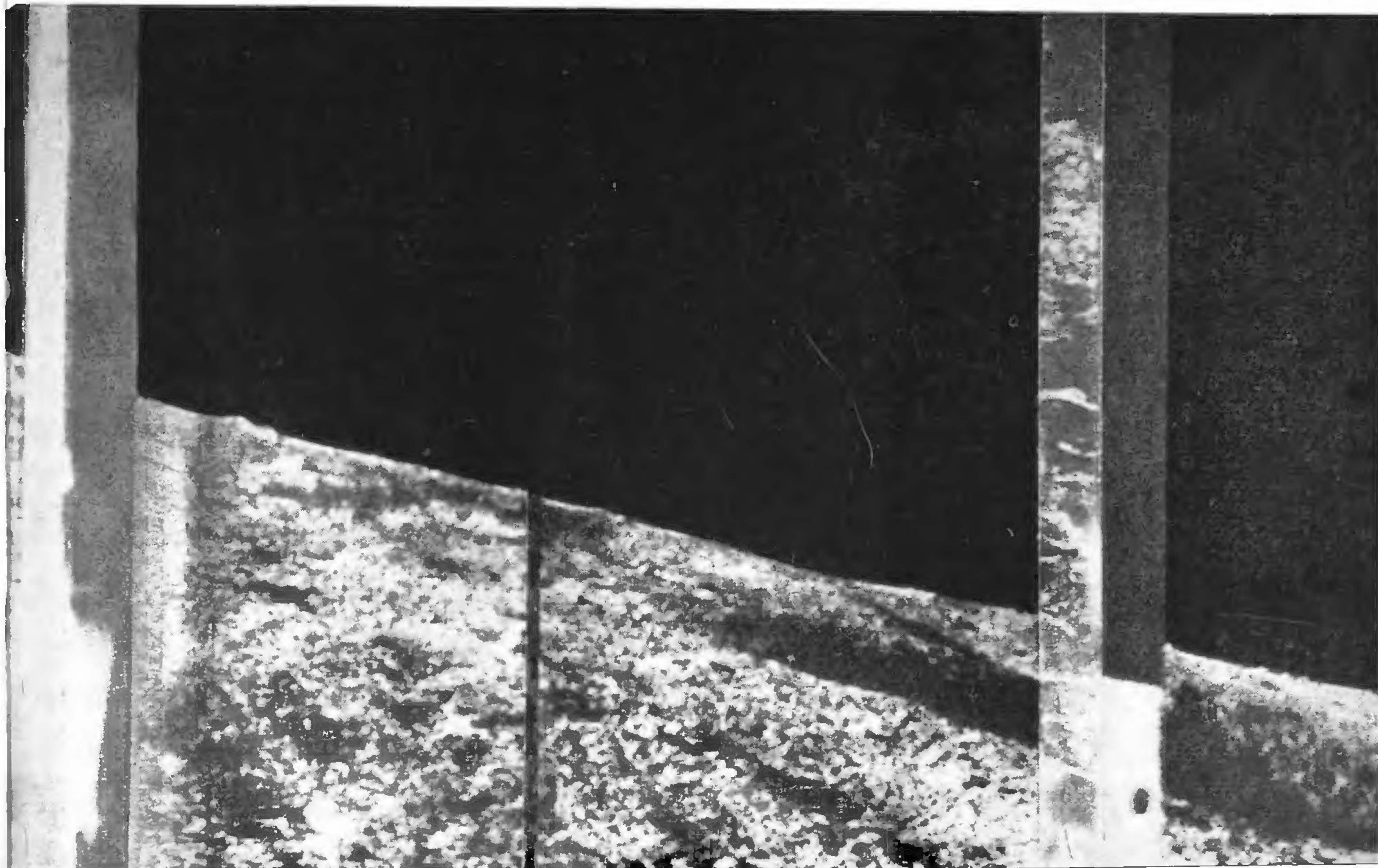
Небольшие впадины размером

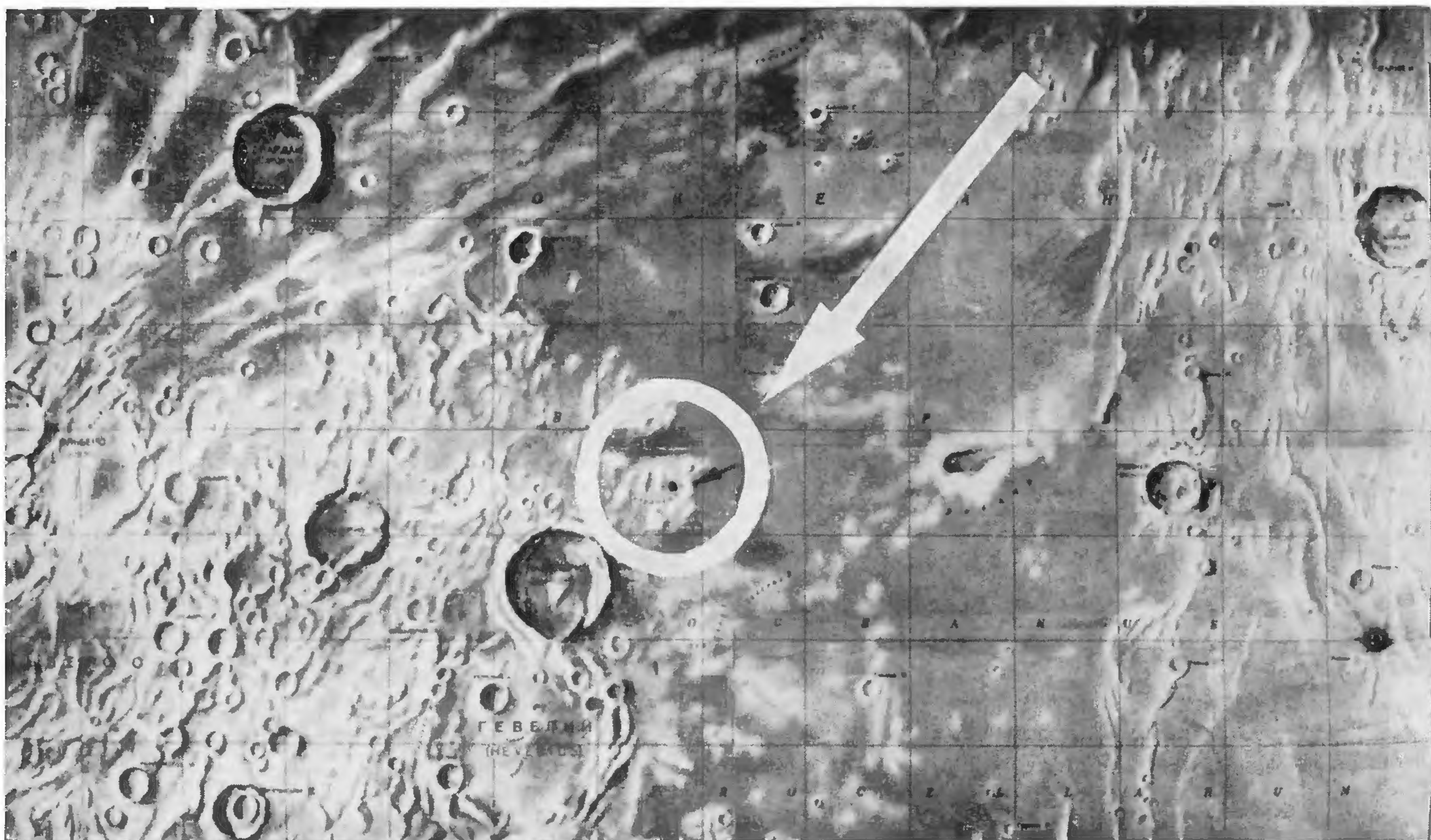
от десятка сантиметров до двух-трех метров видны в различных частях панорамы, например на правом ее конце. Легкая холмистость местности заметна по линии горизонта.

На переднем плане панорамы видны детали станции, в том числе антенны приемников и передатчиков и двухгранные заркала, в которых отражаются участки лунной поверхности. В середине имеется черная полоса — перерыв в сеансе передачи панорамы. Внизу, несколько левее черной полосы, видна лежащая на поверхности Луны деталь станции, отбрасываемая при посадке.

Полученные снимки впервые дают прямые сведения о микроструктуре лунной поверхности и будут подвергнуты тщательному изучению.

15 см и находится от станции на расстоянии около 2 м. Поверхность Луны достаточно твердая, заметных следов пыли не обнаруживается





Район прилунения автоматической станции «Луна-9».

ВАЖНЕЙШИЕ ВЕХИ ИСТОРИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

31 января 1966 г. При помощи ракеты-носителя на орбиту спутника Земли выведена автоматическая станция «Луна-9». Затем был запущен разгонный ракетный блок и автоматическая станция была выведена на траекторию полета к Луне.

1 февраля, 22 часа 29 минут. По команде с Земли была проведена коррекция траектории движения, обеспечившая встречу «Луны-9» с поверхностью Луны в заранее намеченном районе Океана Бурь.

3 февраля к 16 часам были переданы на борт станции исходные данные для проведения сеанса торможения. При подлете к Луне (на высоте 8300 км над Луной) была произведена ориентация станции вместе с двигательной установкой строго по лунной вертикали. Это направление сохранялось в течение часа. На высоте около 75 км за 48 секунд до посадки по команде радиовысотомера была включена тормозная двигательная установка, которая погасила скорость с 2600 м/сек до нескольких метров в секунду.

3 февраля в 21 час 45 минут 30 секунд автоматическая станция опустилась на лунную поверхность в точку с координатами 7°08' с. ш., 64°22' з. д. В 21 час 49 минут 40 секунд начался первый сеанс радиопередачи с поверхности Луны, показавший, что задача обеспечения мягкой посадки блестяще выполнена. Все системы работали нормально, герметичность корпуса при посадке не нарушена. Система терморегуляции обеспечивала необходимый режим. Радиосвязь была устойчивой, аппаратура станции надежно управлялась командами с Земли.

4 февраля, 4 часа 50 минут. По команде с Земли станция начала обзор лунного ландшафта и передачу его изображения на Землю.

С 4 по 7 февраля было проведено семь сеансов радиосвязи общей продолжительностью в 8 часов 05 минут. Получены уникальные телевизионные изображения поверхности Луны.

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР

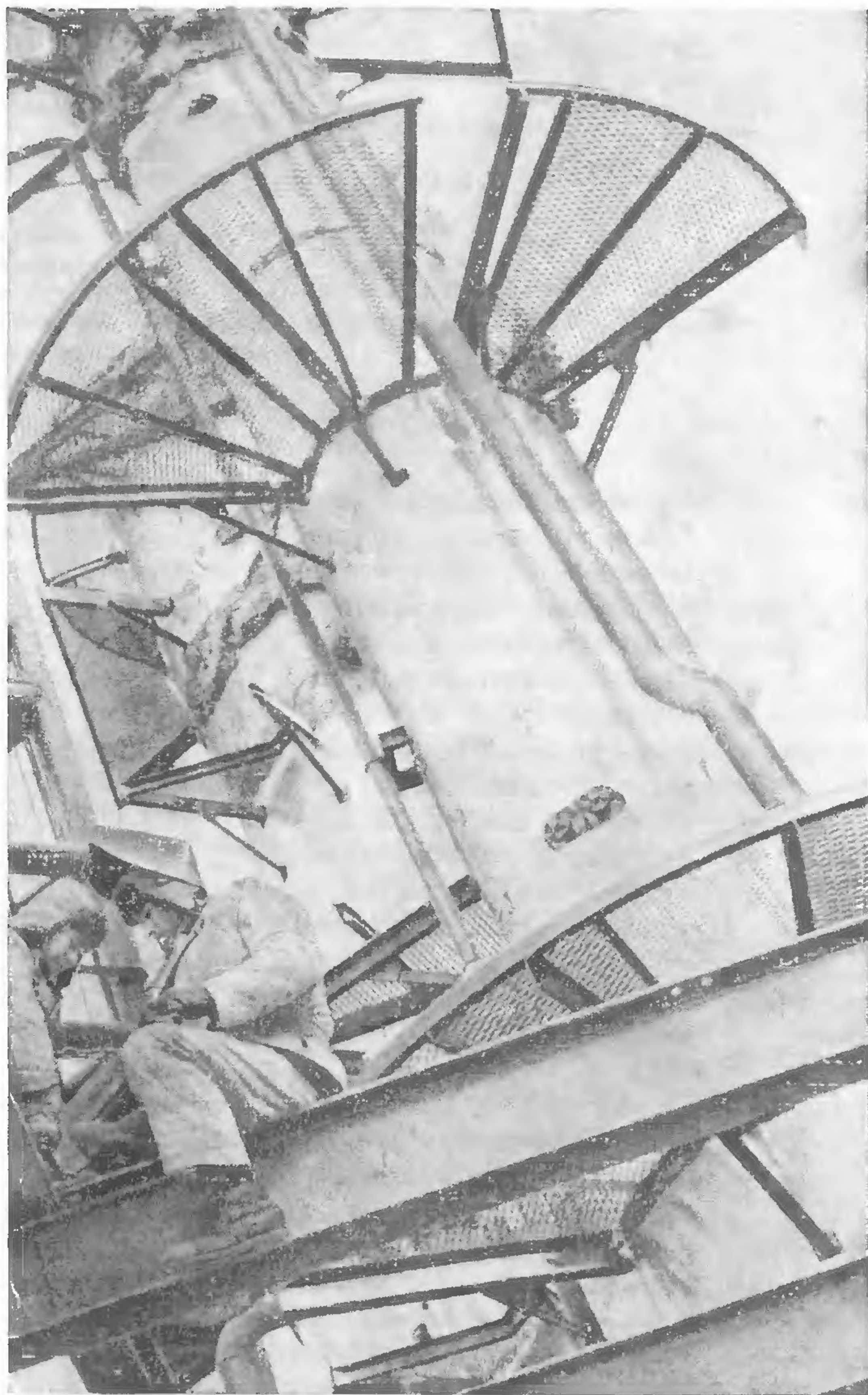
ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТЬДЕСЯТ : ПЯТЫЙ

2
1966

В НОМЕРЕ:

- Великая победа советской науки I—IV
- Строение молекул и квантовая химия.
А. А. Левин 2
- Сверхслабое свечение биологических систем.
Б. Н. Тарусов 11
- Опознавание изображений. В. С. Файн 18
- Природа древней нефти. А. Г. Вологдин 27
- Безлинзовая оптика. Фотографирование в лучах лазера.
Л. М. Сороко 37
- Съезды, конференции. Актуальные проблемы технической кибернетики. Всесоюзное совещание по автоматическому управлению.
М. Г. Гаазе-Рапопорт 49
- Дискуссии, полемика. Археология спорит с физикой.
Л. С. Клейн 51
- Наука — сельскому хозяйству. Механизм действия антибиотиков.
О. А. Гомазков 63
- В лаборатории природы. Климат и грозы.
В. И. Арабаджи (65). Санитары моря.
И. О. Алкринская (66).
- Преобразование природы. Посадки деревьев в тундре.
В. В. Крючков (69).
- У наших друзей. Прочно и красиво. Вл. Выкуок 72
- Человек меняет фауну. Птицы больших городов.
Н. Н. Дроздов 75
- Защита природы. Сохраним дальневосточные кедровники.
Е. Д. Солодухин (80). Трагедия озера Чистого.
В. Г. Скопцов (83).
- Гипотезы. Существуют ли кварки? М. А. Карев 85
- Музеи, выставки. Замечательный художник-анималист. 60 лет творчества В. А. Ватагина.
П. А. Александров 96
- Найдено в архиве. Карта Южного Сахалина.
А. И. Алексеев 98
- Интересные опыты. Земная модель космической оранжереи.
М. А. Мильхикер 102

(Продолжение на 128 стр.)



В Татарской АССР на базе быстро развивающейся нефтяной промышленности создается Нижнекамский химический комбинат. Синтетический каучук, пластмассы, минеральные удобрения — таков неполный перечень продукции будущего комбината
Фото ТАСС

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ

А. А. Левин

Институт общей и неорганической химии
им. Н. С. Курнакова АН СССР (Москва)

Представьте себе, что мир — это что-то вроде гигантских шахмат, в которые играют боги, а мы следим за их игрой. Тогда под основными физическими воззрениями, под законами физики мы понимаем правила игры. Но, даже зная все правила, можно не понять какого-то хода просто из-за его сложности или ограниченности нашего ума. Ведь почти все встречающиеся положения настолько сложны, что нет никакой возможности, заглядывая в правила, проследить за планом игры, а тем более предугадать ход.

Р. Фейнман

Эти слова одного из крупнейших физиков нашего времени, создателя математического аппарата квантовой теории поля, прекрасно характеризуют как взаимоотношения физики и химии, так и затруднительное положение химиков, ибо смысл существования их науки — попытаться все же разобраться в самой игре. Природа поражает воображение неисчерпаемым многообразием сочетаний из более чем сотни элементов, и задача квантовой химии состоит в том, чтобы найти в этом многообразии единство. Найти, руководствуясь «правилами игры» — законами квантовой механики и исходя из свойств элементарных «строительных кирпичей» — отдельных атомов.

АТОМ

Как выглядит атом? Примерно так, как показано на рис. 1. Атом можно уподобить многоэтажному дому с этажами — энергетическими уровнями. Номер этажа — это главное квантовое число. Каждый этаж делится на «квартиры», именуемые состояниями и электрона. Квартиры эти в общем типовые. Они повторяются на разных этажах и обозначаются так: s , p_x , p_y , p_z , d_{xy} , d_{xz} , d_{yz} , $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2} , ... В любом из таких состояний электрон не находится в определенной

пространственной точке. Он размазан по всему пространству, образуя «электронное облако», форма которого характерна именно для данного состояния. Эти облака и изображены на рис. 1.

Плотность облака в каждом месте равна вероятности нахождения там электрона (и всегда положительна). Для чего же тогда на рисунке знаки (+) и (—)? Дело в том, что в квантовой механике плотность облака — величина «вторичная». Она является квадратом более фундаментальной величины — волновой функции, которая без всякого ущерба для положительности облака может иметь оба знака. С этой поправкой, вид волновой функции повторяет очертания электронного облака, так что рис. 1 правильнее рассматривать как изображение волновых функций атома, условно называемых атомными орбитами.

Какие бывают атомы? Чертеж нижней части атома-дома с его этажами и квартирами (или схема энергетических уровней многоэлектронного атома) приведен на рис. 2. Дом расширяется кверху. Чем выше этаж, тем больше на нем «квартир» за счет прибавления новых типов состояний к уже наблюдавшимся ранее: на первом этаже одно состояние $1s$, на втором четыре состояния — одно $2s$ и три $2p$, по-

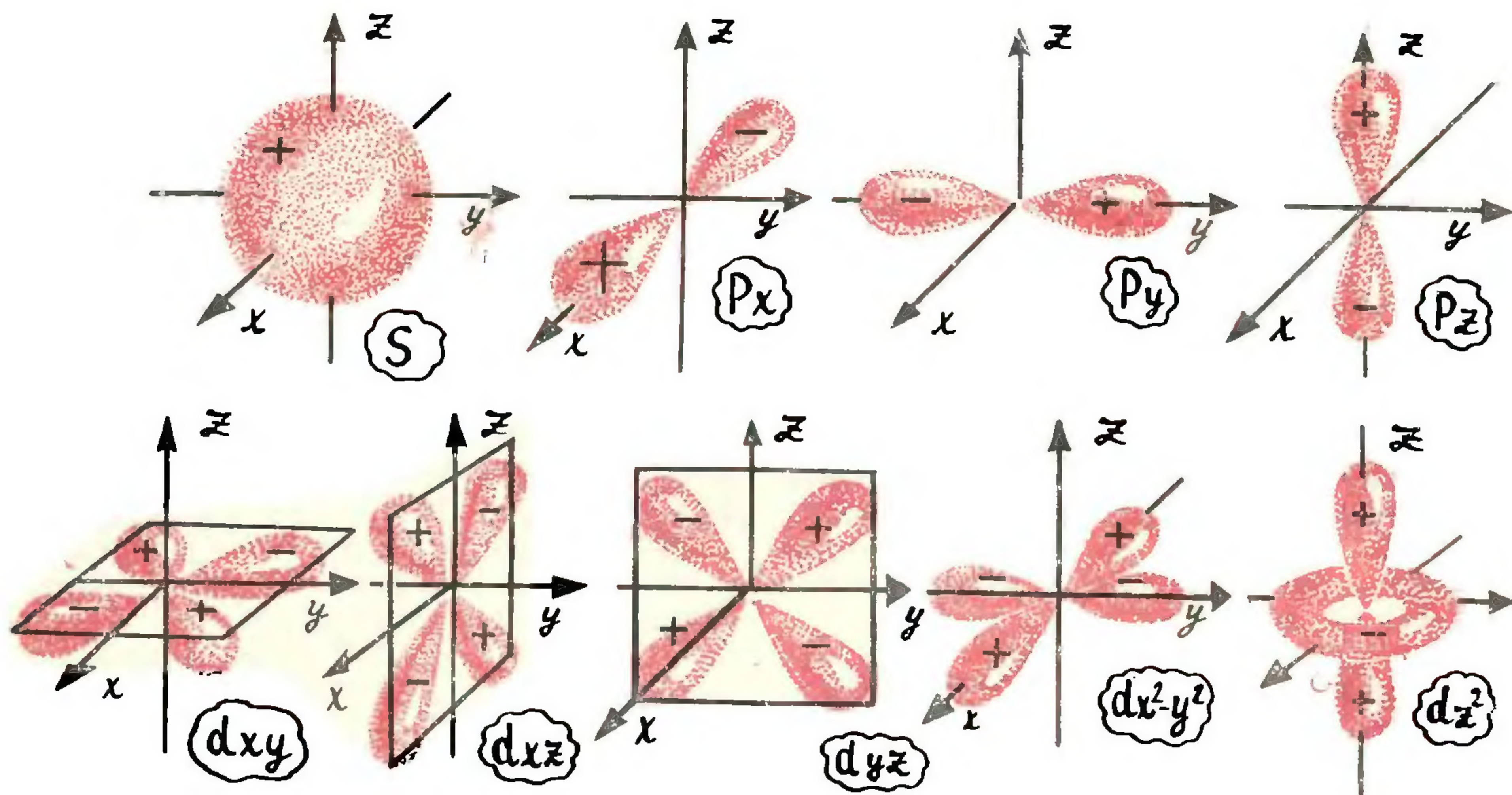


Рис. 1.

том добавляются d -состояния и т. д. На каждом этаже «квартиры» разных типов расположены на несколько различных уровнях: s — ниже, p — выше, d — еще выше. В некоторых атомах дело доходит до нарушения «идеального проекта»: верхние «квартиры» нижнего этажа расположены по энергии выше нижних «квартир» верхнего этажа, так что истинная последовательность состояний в порядке возрастания энергии такая: $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p...$

Атомы отличаются один от другого числом электронов, которые могут селиться в квартирах-состояниях не более, чем по два — таков жилищный закон природы, именуемый принципом Паули (электроны в одном состоянии имеют противоположные спины, что изображается соответствующими стрелками, но знать, что такое спин, необязательно: для нас это просто признак, различающий электроны). Электроны заселяют уровни, начиная с самого нижнего этажа, и список этажей и квартир с указанием числа населяю-

щих их электронов называется электронной конфигурацией атома. Для кислорода, например (см. рис. 2), она запишется так: $O1s^2 2s^2 2p^4$.

Верхние этажи в атомах не заселены. Они отвечают возбужденным уровням, на которые электроны могут перейти при определенной затрате энергии. По мере восхождения вверх высота этажей быстро убывает. Поэтому для атомов с большим числом электронов различие между заполненными и вышележащими свободными состояниями становится в значительной мере формальным. Как мы увидим, это обстоятельство очень важно для неорганической химии, так как сильно расширяет валентные возможности элементов и составляет одну из причин нарушения строгой периодичности химических свойств.

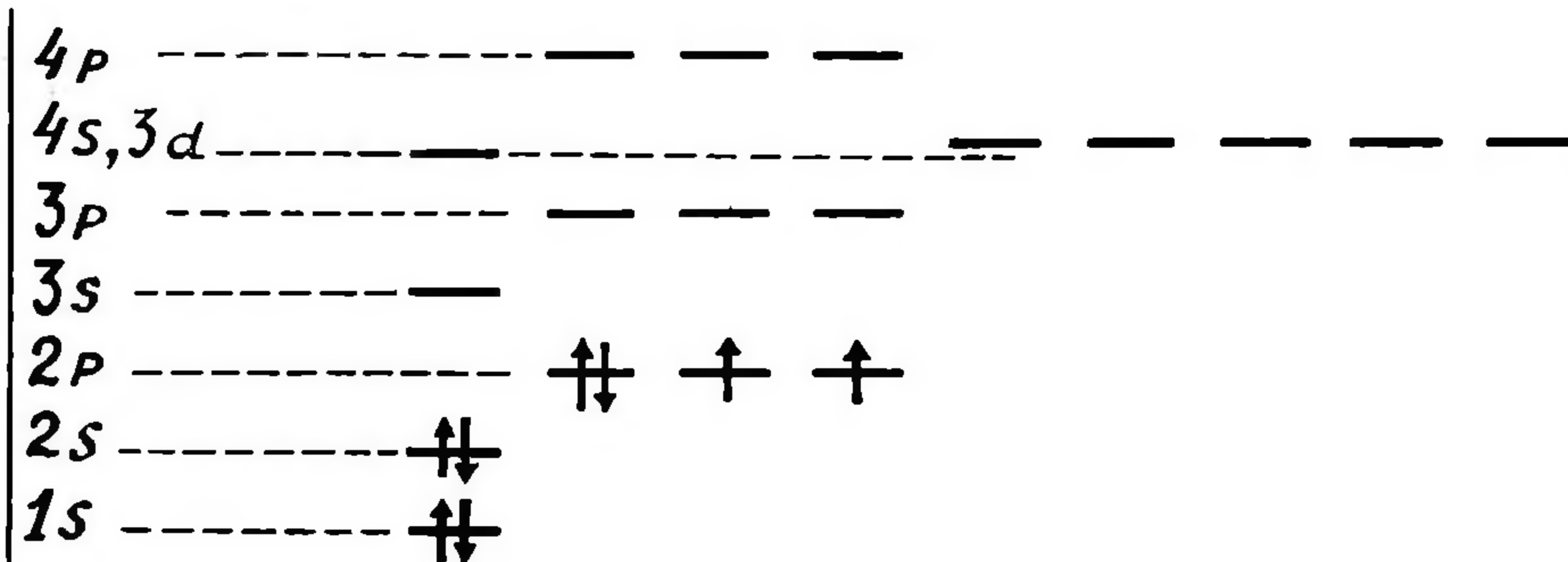


Рис. 2.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОРБИТЫ И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Электроны в молекуле не могут «помнить», какому из атомов они ранее принадлежали. Притягиваясь к ядрам всех атомов молекулы, каждый электрон свободно «гуляет» возле каждого из этих ядер. Когда электрон находится близко от одного ядра, то остальные ядра влияют на него сравнительно слабо и можно считать, что движение электрона в этом случае примерно такое, как если бы их не было вовсе. Это значит, что молекулу приближенно можно разбить на сумму принадлежащих отдельным атомам районов, в каждом из которых состояние электрона близко к его состоянию в изолированном атоме.

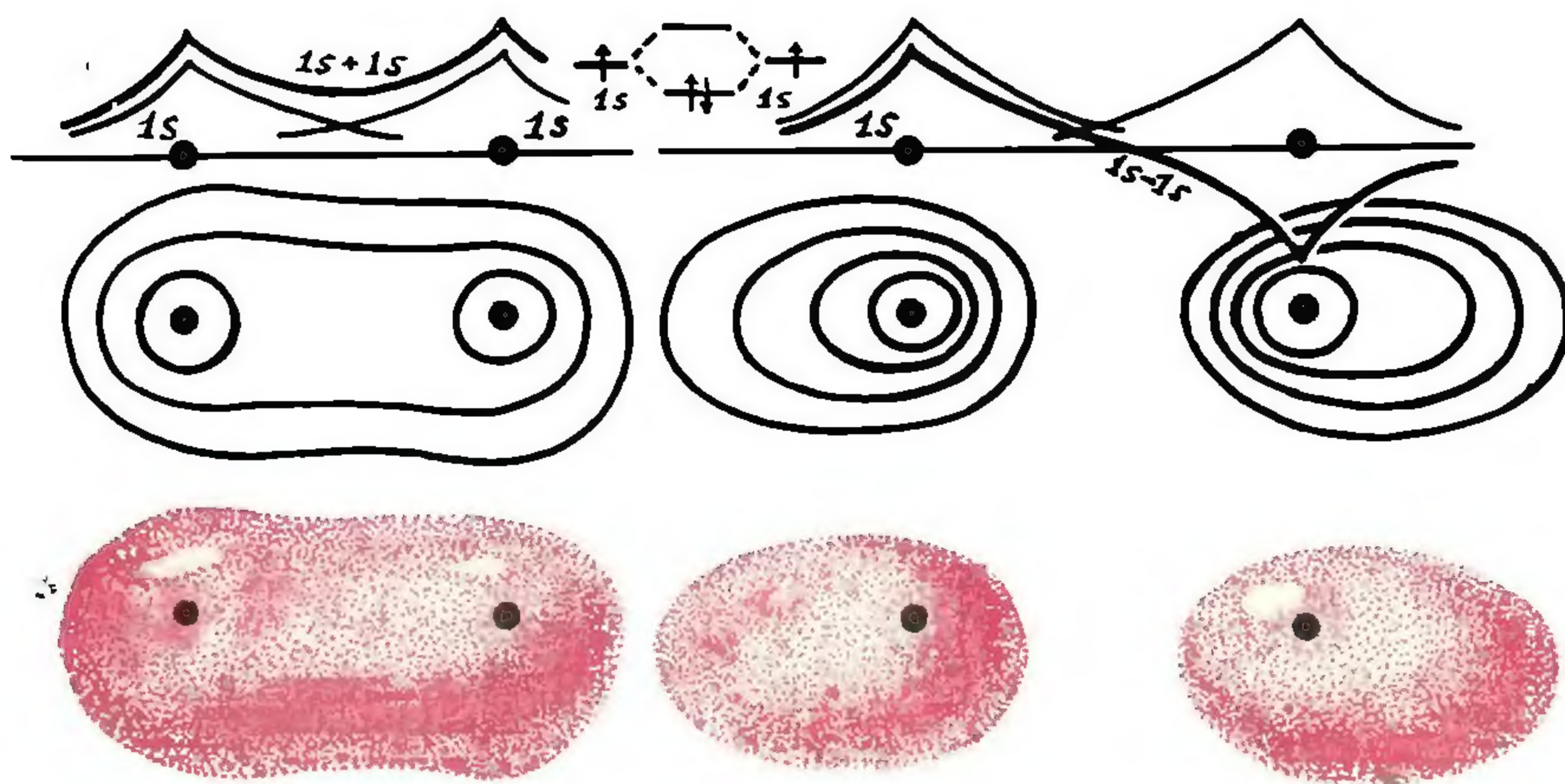


Рис. 3.

Согласно квантовой механике, каждый электрон в молекуле, так же как и в атоме, находится в определенном квантовом состоянии и описывается определенной волновой функцией, называемой «Молекулярная Орбита», сокращенно МО¹. Мы приходим, следовательно, к заключению, что волновая функция электрона в молекуле — молекулярная орбита — может быть приближенно представлена в виде суммы волновых функций, составляющих эту молекулу атомов — атомных орбит.

Метод молекулярных орбит (сокращенно МО ЛКАО) — на сегодня главный в квантовой химии — кладет эту идею в основу опи-

¹ Строго говоря, это лишь приближение, которым мы пользуемся, чтобы чрезмерно не усложнять расчетов. На самом деле и в атомах и в молекулах в определенных квантовых состояниях находятся не отдельные электроны, а вся система электронов в целом.

сания электронного строения молекул. На рис. 3, слева, показано, как составляется Молекулярная Орбита (МО) электрона в поле двух протонов из суммы атомных 1s-функций атомов водорода (Линейной Комбинации Атомных Орбит — ЛКАО). По принципу Паули на этой МО могут разместиться либо один, либо два электрона: так возникает самая простая молекула — ион H_2^+ и обычная молекула водорода — H_2 .

Химическая связь возникает тогда, когда характер волновых функций электронов в молекуле обеспечивает притяжение атомов друг к другу. Почему два протона в H_2^+ или H_2 держатся вместе и не разлетаются в стороны из-за взаимного отталкивания? Потому что при сложении атомных 1s-функ-

ций молекулярная волновая функция в пространстве между ядрами возрастает по сравнению с ее значениями в отдельном атоме. Образующийся между ядрами сгусток электронной плотности стягивает противоположно заряженные атомные ядра, нейтрализуя их взаимное отталкивание¹.

Рассмотренная молекулярная орбита в виде суммы атомных 1s-функций отвечает, таким образом, устойчивому со-

стоянию молекулы и называется с в я з ы в а ю щ е й. В устойчивом состоянии энергия всегда минимальна. Поэтому электроны на связывающей орбите имеют наименьшую возможную энергию, т. е. наша связывающая орбита отвечает самому низкому молекулярному уровню энергии.

Плюс и минус в алгебре равноправны, так что складывая волновые функции, мы

¹ Это объяснение часто фигурирует в популярной литературе, и оно совершенно точно. Существует строгая теорема, «теорема Гельмана — Фейнмана», согласно которой силы, действующие на каждое ядро, таковы, как если бы это ядро рассматривалось как заряд в поле всех остальных ядер плюс обычное электростатическое поле электронного облака. Не следует только думать, будто теорема Гельмана — Фейнмана сводит квантовую механику молекул к классической электростатике — ведь электронная плотность определяется как квадрат волновой функции, а последняя все равно должна находиться из квантовой механики.

можем их и вычитать (рис. 3, справа). В этом случае электронная плотность между ядрами сильно уменьшается, а точно посередине даже обращается в нуль, так что избыток электронной плотности возникает теперь слева от левого и справа от правого ядра. Эти избыточные заряды будут уже не стягивать, а растаскивать ядра в противоположные стороны. Молекулярная орбита в виде разности $1s$ -функций соответствует неустойчивому состоянию молекулы и называется *разрыхляющей*. Разрыхляющая орбита отвечает, очевидно, более высокому уровню энергии, чем связывающая.

В системе из двух ядер и двух электронов (молекула водорода) оба электрона располагаются на связывающей орбите (см. рис. 3), и эта молекула очень прочна. В системе из двух ядер и четырех электронов два электрона могли бы занять связывающую орбиту, но второй паре (принцип Паули!) пришлось бы расположиться на невыгодной разрыхляющей. Поэтому не существует молекулы из двух атомов гелия.

Полярные связи возникают, когда осуществляющие их электроны в большей мере принадлежат одному атому, чем другому. Такую связь очень легко описать на языке метода МО: стоит лишь в связывающей молекулярной орбите взять орбиты обоих атомов с неодинаковыми численными коэффициентами. В предельном случае, когда вклад одного атома очень велик по сравнению с вкладом другого, т. е. электроны почти нацело принадлежат первому атому, мы имеем *ионную связь*. Одинаковые коэффициенты, как в H_2 , отвечают чисто ковалентной связи.

Валентный штрих классической структурной теории приобретает теперь для нас физический смысл, как символ связывающей МО, которая связывает два атома и занята парой электронов (*двухцентровая двухэлектронная связь*), например, $H-H$.

А вот как устроена молекула воды H_2O (рис. 4). Связь между кислородом и двумя атомами водорода осуществляют две двух-

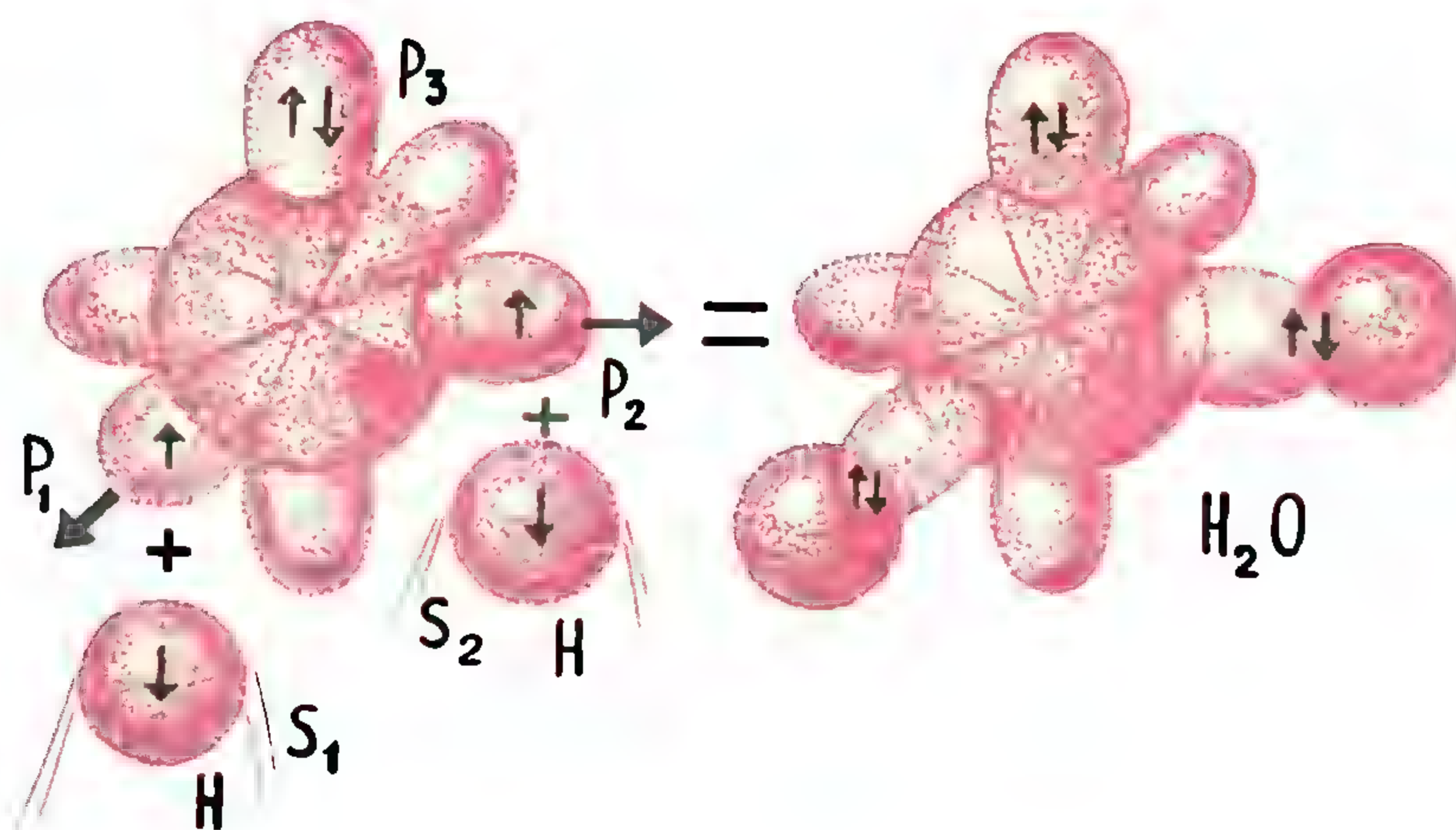


Рис. 4.

центровые МО, образованные из двух $2p$ -функций атома О и двух $1s$ -функций атомов Н. Каждую из этих орбит занимает пара электронов, из которых один берется от атома водорода, а другой из числа двух неспаренных электронов атома кислорода, которые в этом смысле поделены между атомами кислорода и водорода. Неучаствующие в связях два $2p$ -электрона остаются на атоме кислорода. Они занимают его третью, также не принимающую участия в связях $2p$ -орбиту, образуя, как говорят, «*неподеленную пару*» электронов.

Валентность кислорода в молекуле H_2O равна двум и соответствует числу его неспаренных электронов, равно как валентность водорода — единице.

Форма молекулы часто может быть объяснена из очень простых соображений. Та же молекула воды выглядит, как равнобедренный треугольник с углом при вершине, близким к 90° (точно — 105°). Конечно же это потому, что $2p$ -функции атома кислорода направлены друг к другу под прямыми углами.

Гибридизацией называется распространное «ушищрение», при помощи которого атомы увеличивают электронную плотность между ядрами, чтобы получились более прочные связи. Возьмем, например, одну s - и одну p -функцию. Эти функции вместе с их «гибридами», т. е. суммой $(s + p)/\sqrt{2}$ и разностью $(s - p)/\sqrt{2}$ изображены на рис. 5. В правой половине плоскости s - и p -функции имеют одинаковые знаки, а в левой — разные. Поэтому их сумма $s + p$ справа от начала координат имеет большие абсолютные

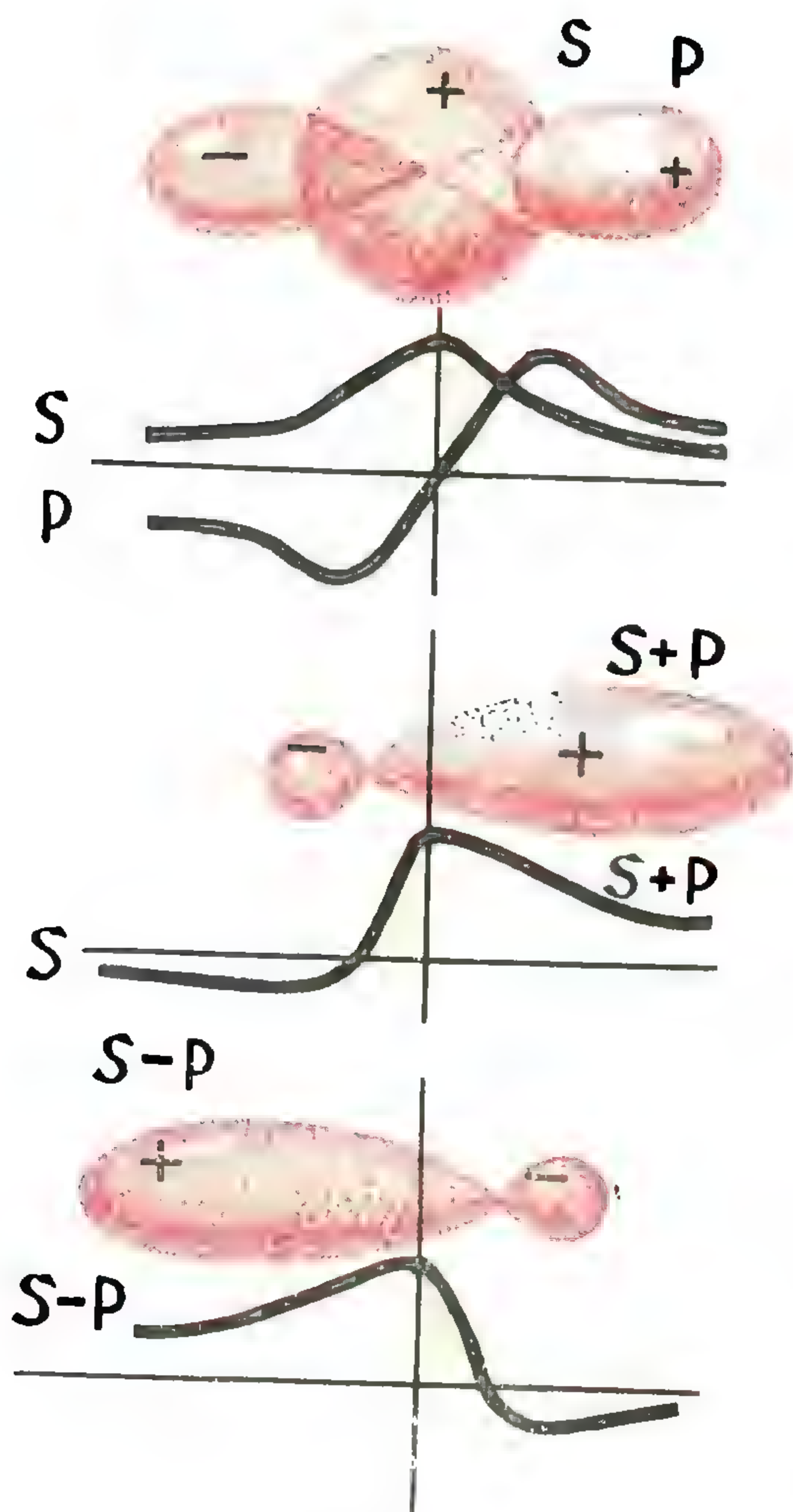


Рис. 5.

значения, чем каждое из слагаемых порознь, а слева — меньшие. Наоборот, в случае разности ($s - p$) обе функции усиливают друг друга в левой полуплоскости и ослабляют в правой. Направления наибольшей концентрации обоих гибридных облаков (направленные валентности) диаметрально противоположны, так что описанная sp -гибридизация приводит к образованию двух связей под углом 180° .

Смешивая в определенных пропорциях одну s - и две p -орбиты или одну s - и три p -орбиты, можно получить sp^2 -или sp^3 -связи, направленные

к вершинам равностороннего треугольника или правильного тетраэдра (рис. 6).

Классический пример тетраэдрической гибридизации — идеально правильный тетраэдр молекулы метана CH_4 (рис. 7, слева). Каждой связи $\text{C}-\text{H}$ в этой молекуле отвечает двухцентровая орбита в виде суммы одной из четырех гибридных sp^3 -орбит атома углерода и $1s$ -орбиты атома водорода.

Валентный угол $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ в молекуле воды — 105° — имеет значение, промежуточное между 90° и углом между связями в тетраэдре — $109^\circ 28'$. Мы можем воспользоваться этим наблюдением, чтобы «подправить» наше описание молекулы воды. Теперь, пожалуй, нам следует считать, что валентные орбиты кислорода в связях $\text{O}-\text{H}$ не являются «чистыми» $2p$ -функциями, но содержат некоторую «примесь» $2s$ -функций кислородного атома (рис. 7, б).

Насколько велика такая примесь — определяется соображениями энергетической выгоды. Атом водорода в H_2 , CH_4 или H_2O тоже мог бы упрочить связь путем образования, скажем, sp -гибридов. Однако, при главном квантовом числе $1p$ -функций нет. Примесь же 50% $2p$ -орбит означала бы, что электрон наполовину «выталкивается» на $2p$ -уровень, для водорода такой высокий, что проигрыш в энергии не окупается.

ОТ ЛИТИЯ ДО АЛЮМИНИЯ. ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНАЯ СВЯЗЬ. КРАТНЫЕ СВЯЗИ

Иначе во втором периоде. У лития с конфигурацией $1s^2 2s$ появляется сравнительно

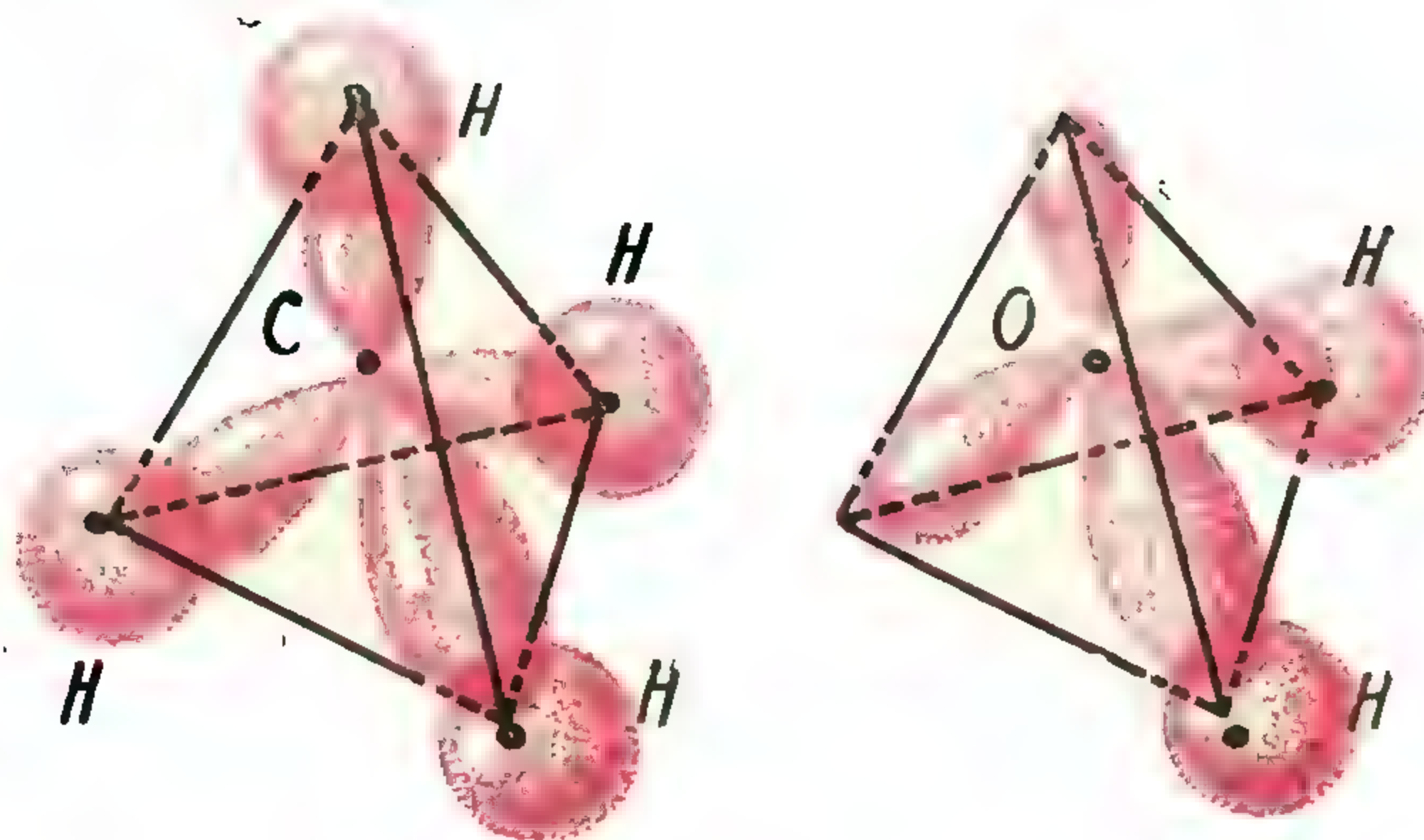


Рис. 7.

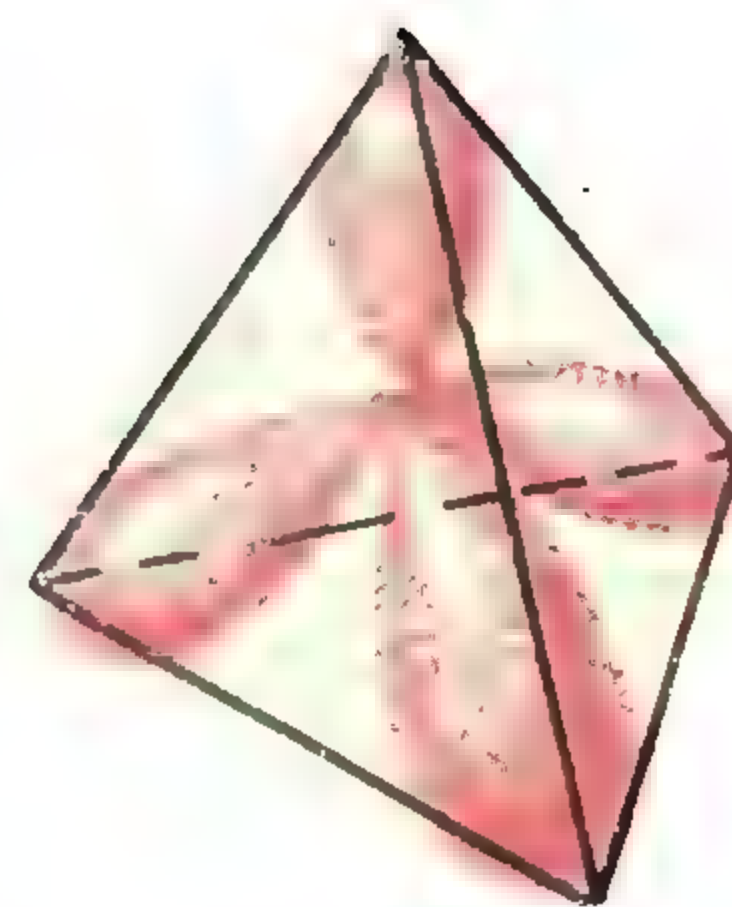


Рис. 6.

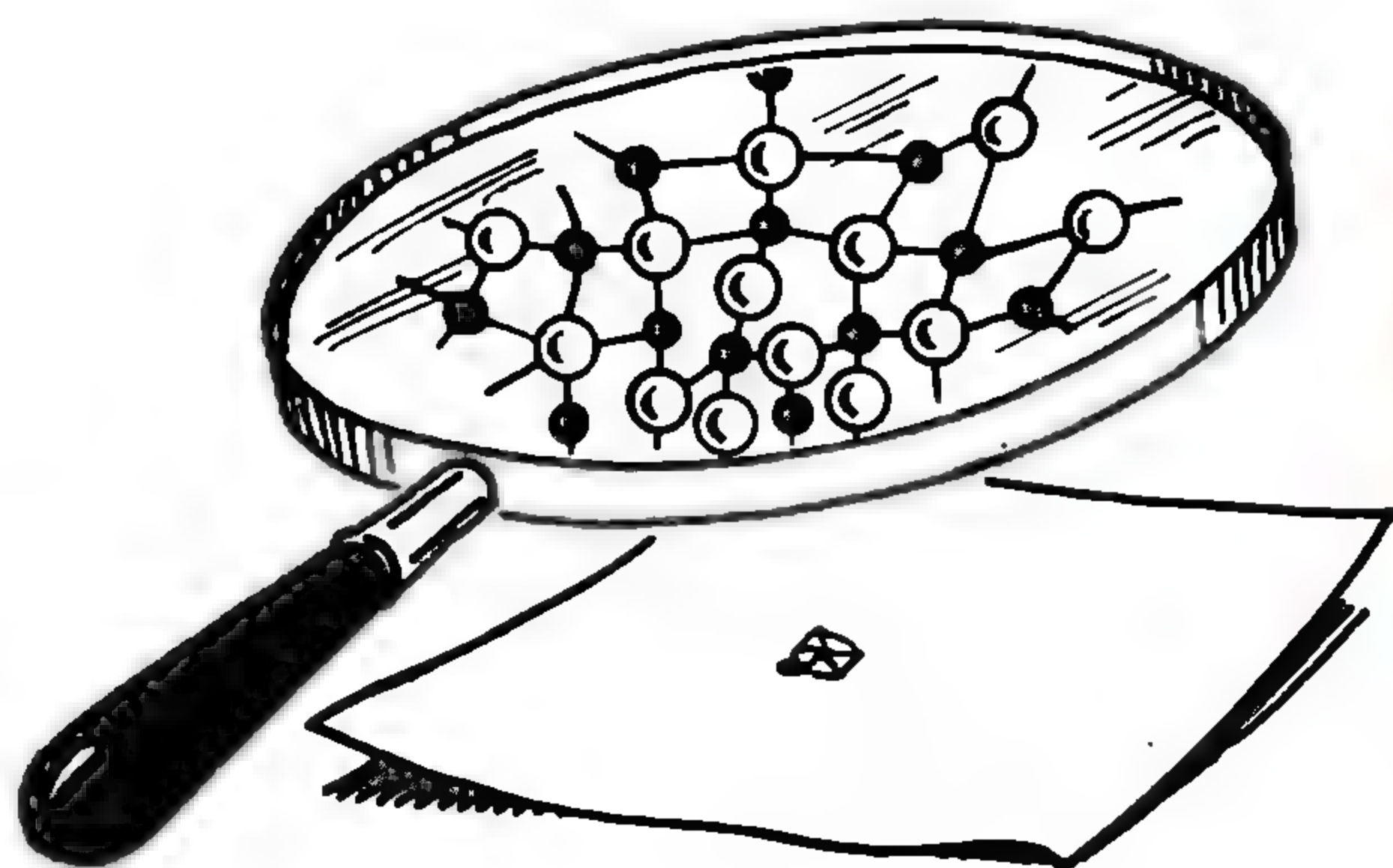


Рис. 8.

близко расположенный $2p$ -уровень, а с ним и возможность гибридизации. Вычисления показывают, что в молекуле LiH к $2s$ -функциям атома лития в заметной доле примешивается его $2p$ -функция. У бериллия ($\text{Be } 1s^2 2s^2$) $2p$ -уровень еще ближе. Будь у атома бериллия два лишних электрона, он мог бы образовать четыре тетраэдрических, самых прочных, связи. Именно такой случай представляется бериллию, когда он связан с кислородом ($\text{O } 1s^2 2s^2 2p^4$). Образовать тетраэдрические связи атому кислорода мешают как раз два «лишних» $2p$ -электрона, которые он охотно отдает на пустые $2p$ -орбиты бериллия. Так возникает тетраэдрический кристалл BeO (рис. 8), в котором O является донором, а Be — акцептором электронов¹. Обратим внимание на валентность: и у бериллия и у кислорода она равна здесь четырем!

¹ Не нужно думать, что, приняв два электрона, атом бериллия превращается в отрицательный ион. В каждой из тетраэдрических связей $\text{Be} - \text{O}$ заряд смещен в сторону атома кислорода (полярность связи!), так что в результате атом бериллия приобретает даже небольшой положительный заряд.

На рис. 9 представлен другой пример четырехвалентного бериллия (и двухвалентного хлора!). Отдав атому бериллия по одному электрону, каждый атом хлора превращается в аналог кислорода в молекуле H_2O . Этот рисунок полезно сравнить со следующим (рис. 10), где в тетраэдре из атомов хлора находится алюминий. Для четырех связей атому алюминия недостает только одного электрона (а не двух), поэтому в молекуле Al_2Cl_6 два двухвалентных атома хлора — «мостиковые», и четыре одновалентных — «концевые». По этой же причине молекула Al_2Cl_6 остается на стадии димера, а BeCl_2 — полимер.

Между прочим, наши рисунки наводят на одну мысль общего характера. Описывающая состав соединения «брутто-формула» еще ничего не говорит ни о структуре молекулы, ни о фактической валентности элементов. Состав BeCl_2 , например, отвечает как отдельным молекулам в газовой фазе, так и полимеру $(\text{BeCl}_2)_n$, а состав AlCl_3 — только димерам Al_2Cl_6 . Мономеров AlCl_3 не существует, разве что при очень высоких температурах!

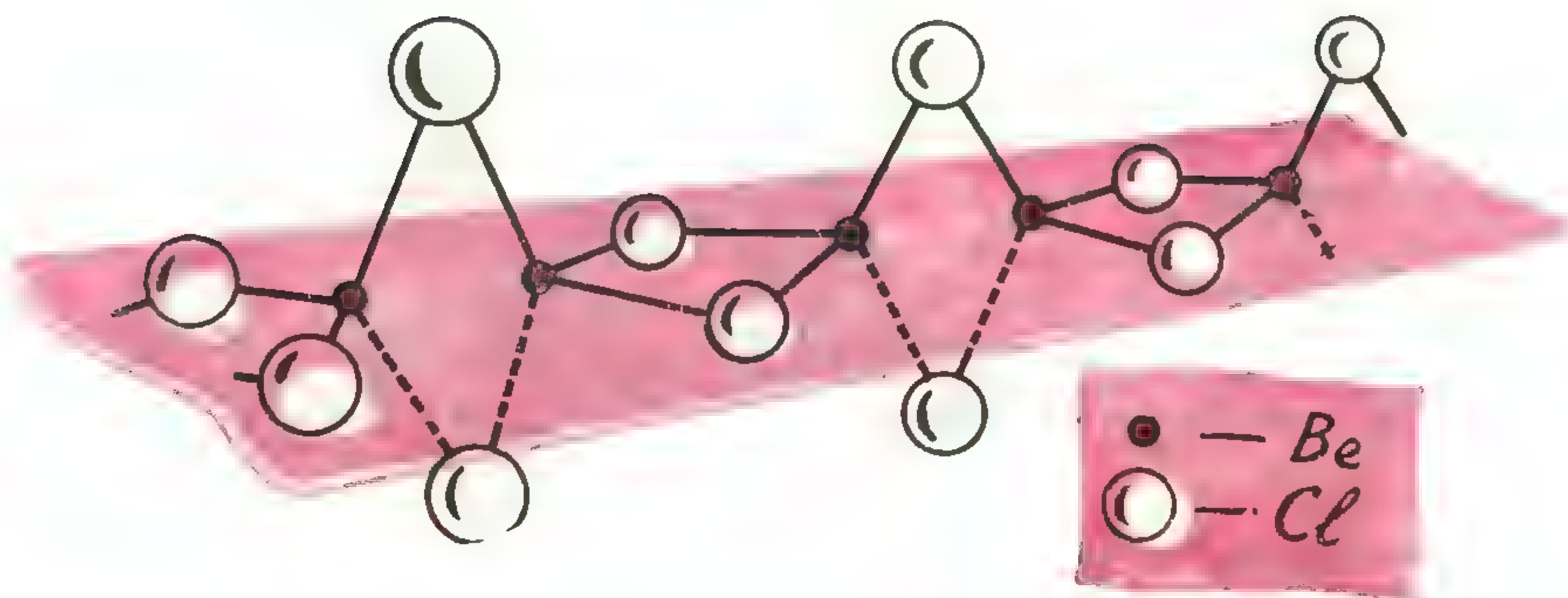


Рис. 9.

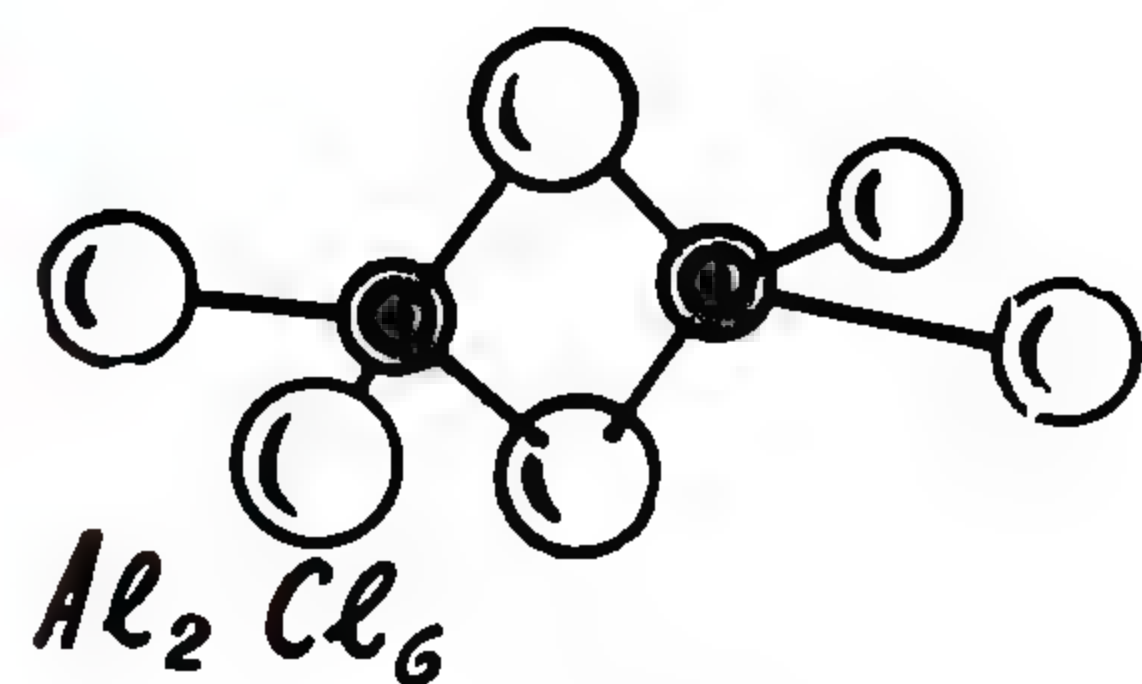


Рис. 10.

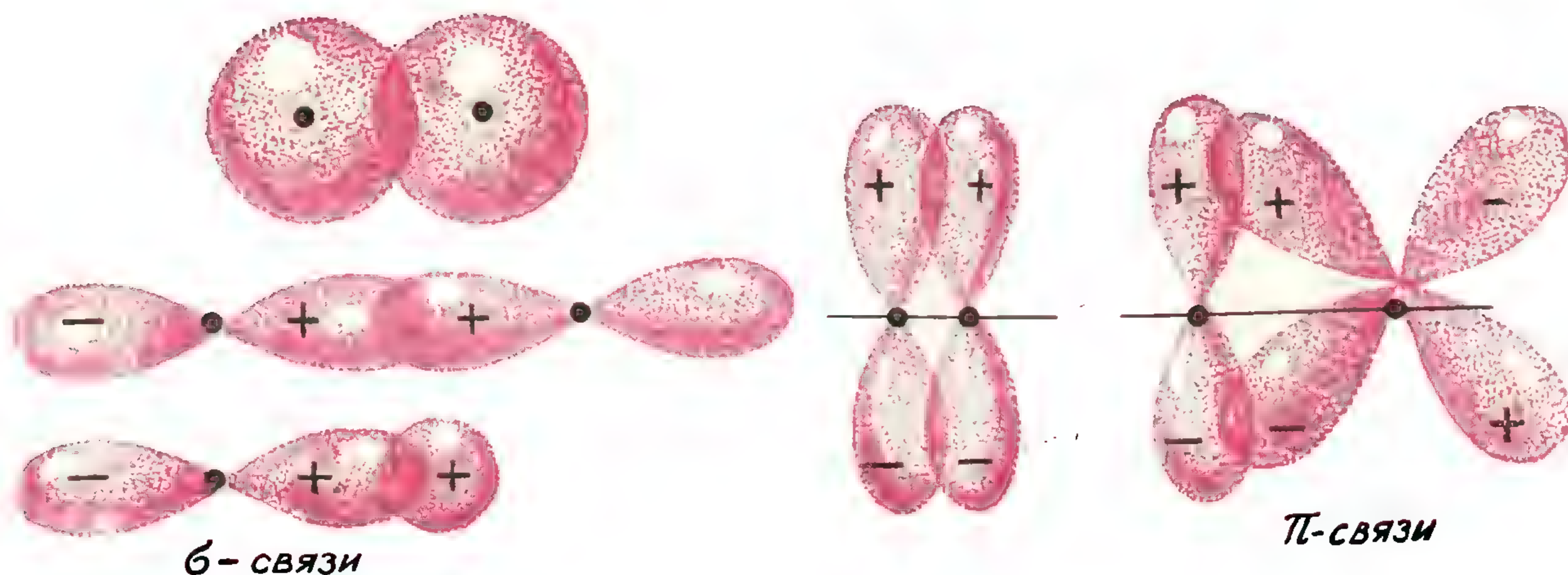


Рис. 11.

Представление о донорно-акцепторной связи существенно расширяет взгляды на «валентные возможности» элементов в синтетической практике. Оно позволило, например, предвидеть свойства боразона — сверхтвердого синтетического заменителя алмаза. Этот кристалл — тетраэдрическая модификация нитрида бора BN — в точности похож на BeO, где роль атомов бериллия и кислорода играют бор и азот ($B\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^1$; $N\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^3$). Для тетраэдрических связей в боразоне атому бора не хватает одного элек-

трона, который он и заимствует у азота.

Особенный атом находится в середине первого периода. Это — углерод $C\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^2$. Он очень склонен к тетраэдрической sp^3 -гибридизации: метан CH_4 , все остальные парафины и алмаз построены из тетраэдрических атомов углерода. Имея как раз четыре $2s^2 2p^2$ -электрона на четыре атомные орбиты, углерод не может менять валентность за счет донорно-акцепторных связей. Валентность углерода — четыре (не слишком малая и не слишком большая) — постоянна; не по-

тому ли миллиард лет назад углерод был отмечен первой премией на конкурсе материалов для живого вещества?

Кратные связи появляются со второго периода. В молекуле H_2 результирующее электронное облако обладает очевидной вращательной симметрией относительно прямой, соединяющей атомы. Такая связь называется σ -связью. Для атомов с p -электронами возможны уже два типа связей: σ - и π -связи (рис. 11). Связывающая молекулярная орбита π -связи образована суммой p -функций и поэтому не обладает вращательной симметрией.

В этилене C_2H_4 (рис. 12) каждый атом углерода образует три σ -связи (в плоскости за счет гибридных sp^2 -орбит) и одну π -связь (перпендикулярно плоскости), так что в це-

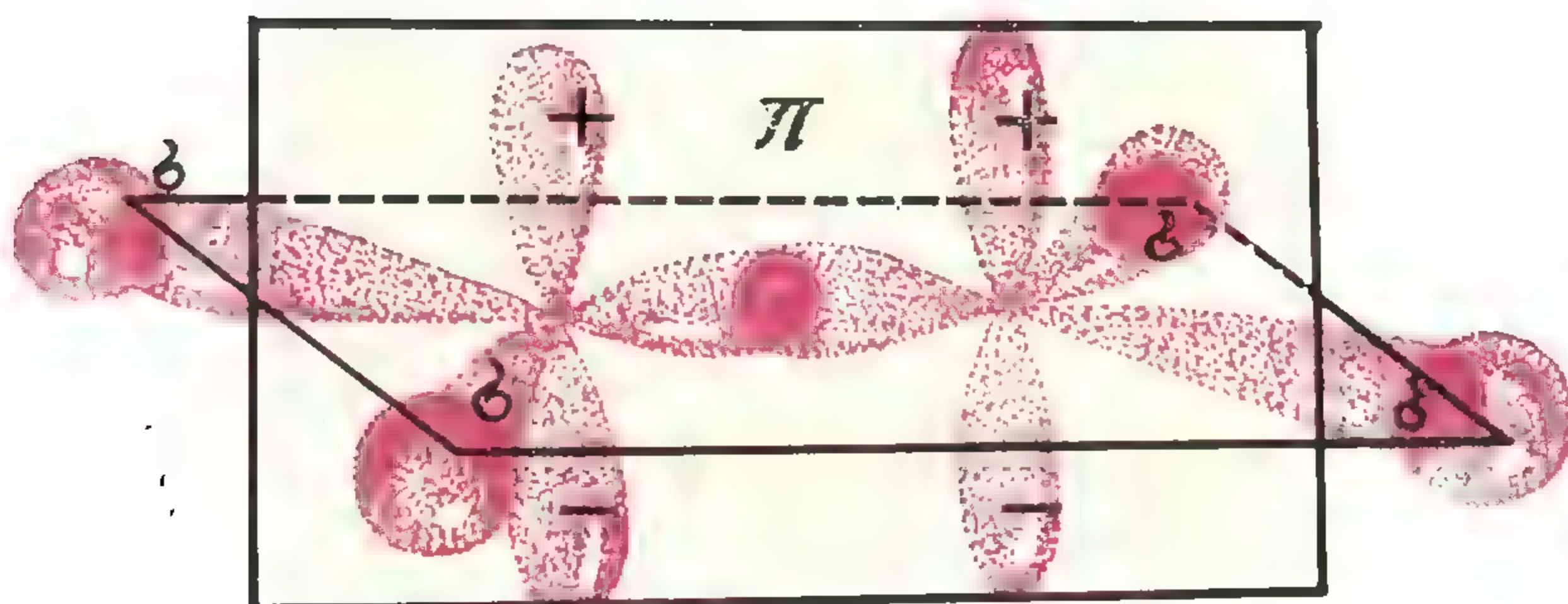


Рис. 12.

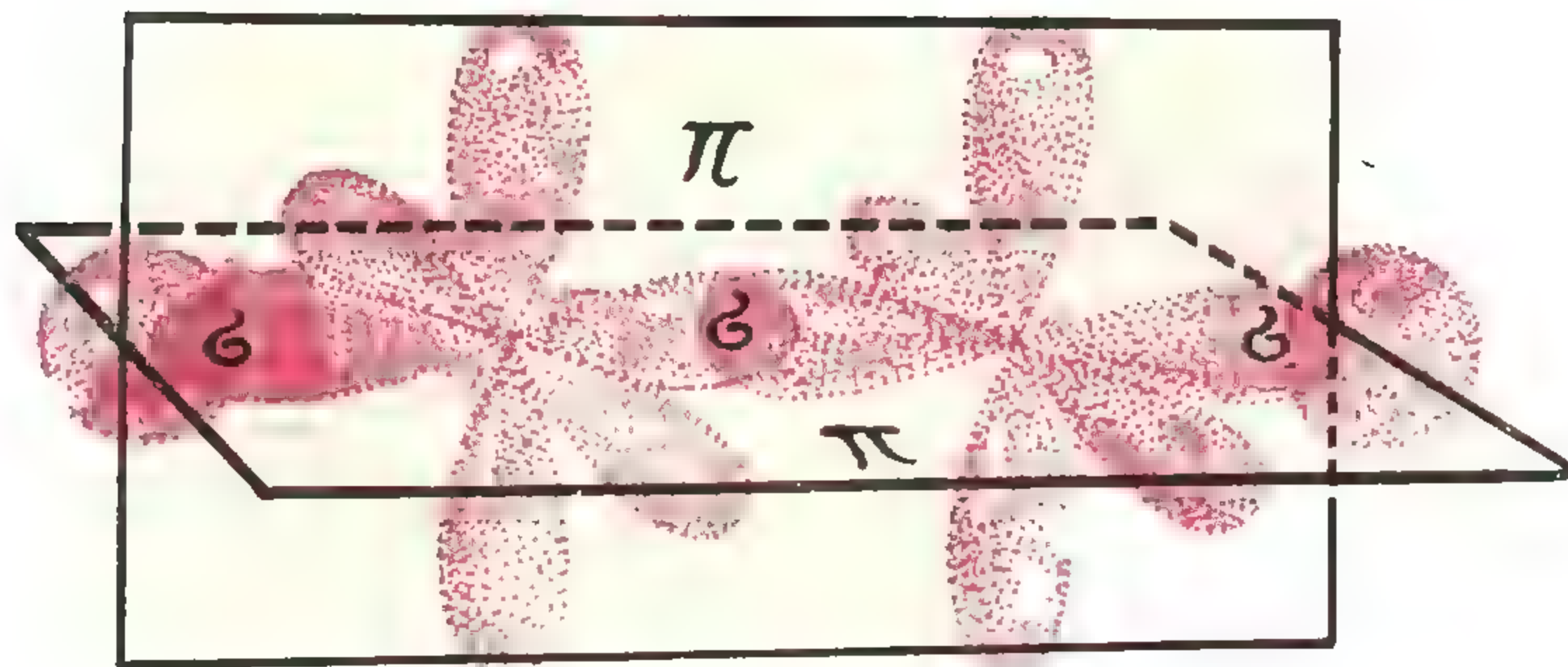


Рис. 13.

лом связь между атомами углерода двойная и осуществляется двумя парами электронов. В ацетилене C_2H_2 (рис. 13) атомы углерода образуют каждый по две σ -связи (за счет гибридных sp -орбит) и по две π -связи; связь между атомами углерода тройная.

Другие атомы второго периода также имеют $2p$ -электроны и способны образовывать кратные связи. На рис. 14 (вверху) показано, как атом O образует три гибридных sp^2 -связи типа сигма и одну π -связь (правда, не «локализованную»). Чтобы уподобиться углероду, атом кислорода должен, конечно, стать «донором» и отдать два электрона (снова четырехвалентный кислород!).

Склонность кислорода к повышению кратности связи даже выше двойной ярко

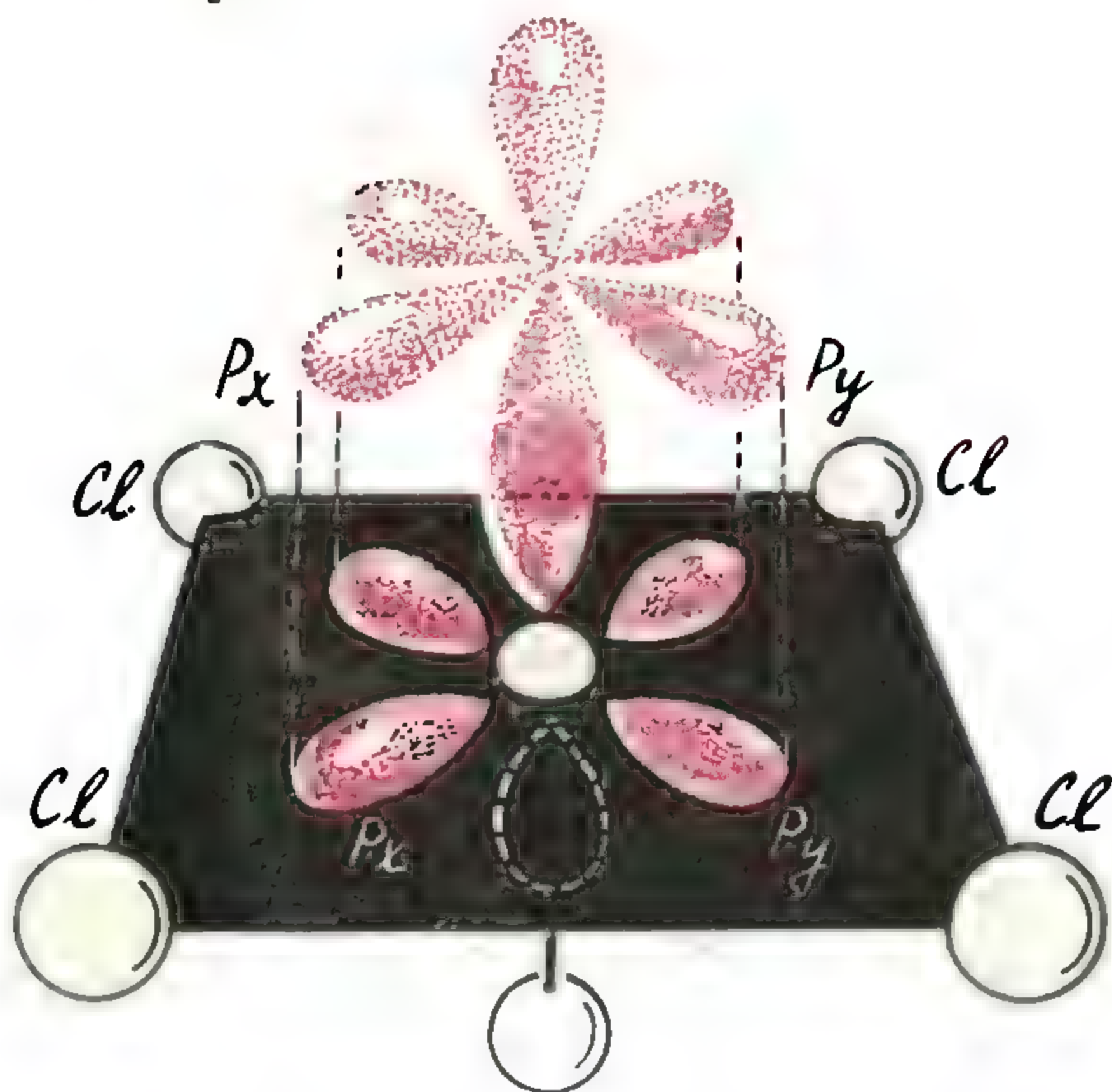
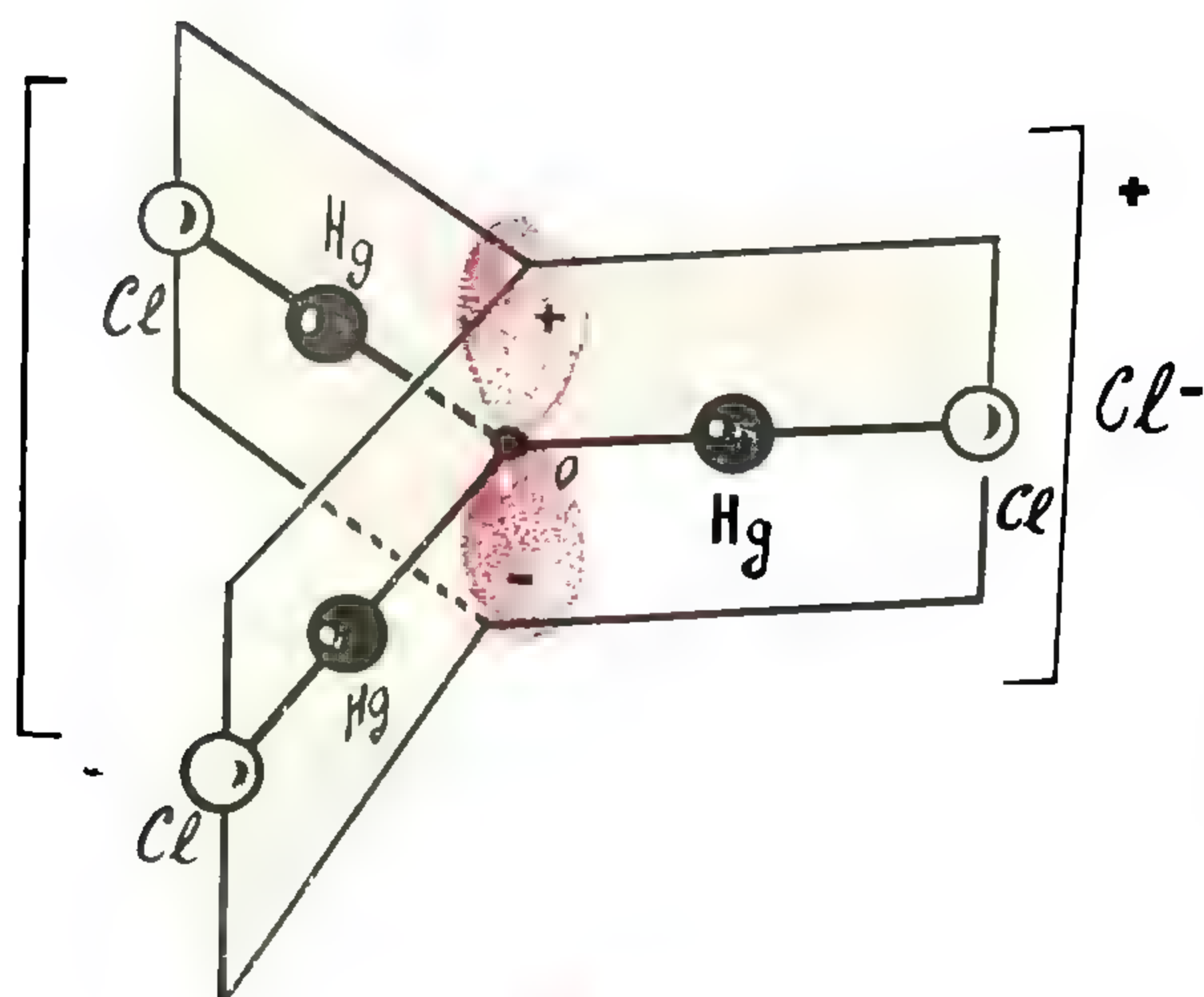


Рис. 14.

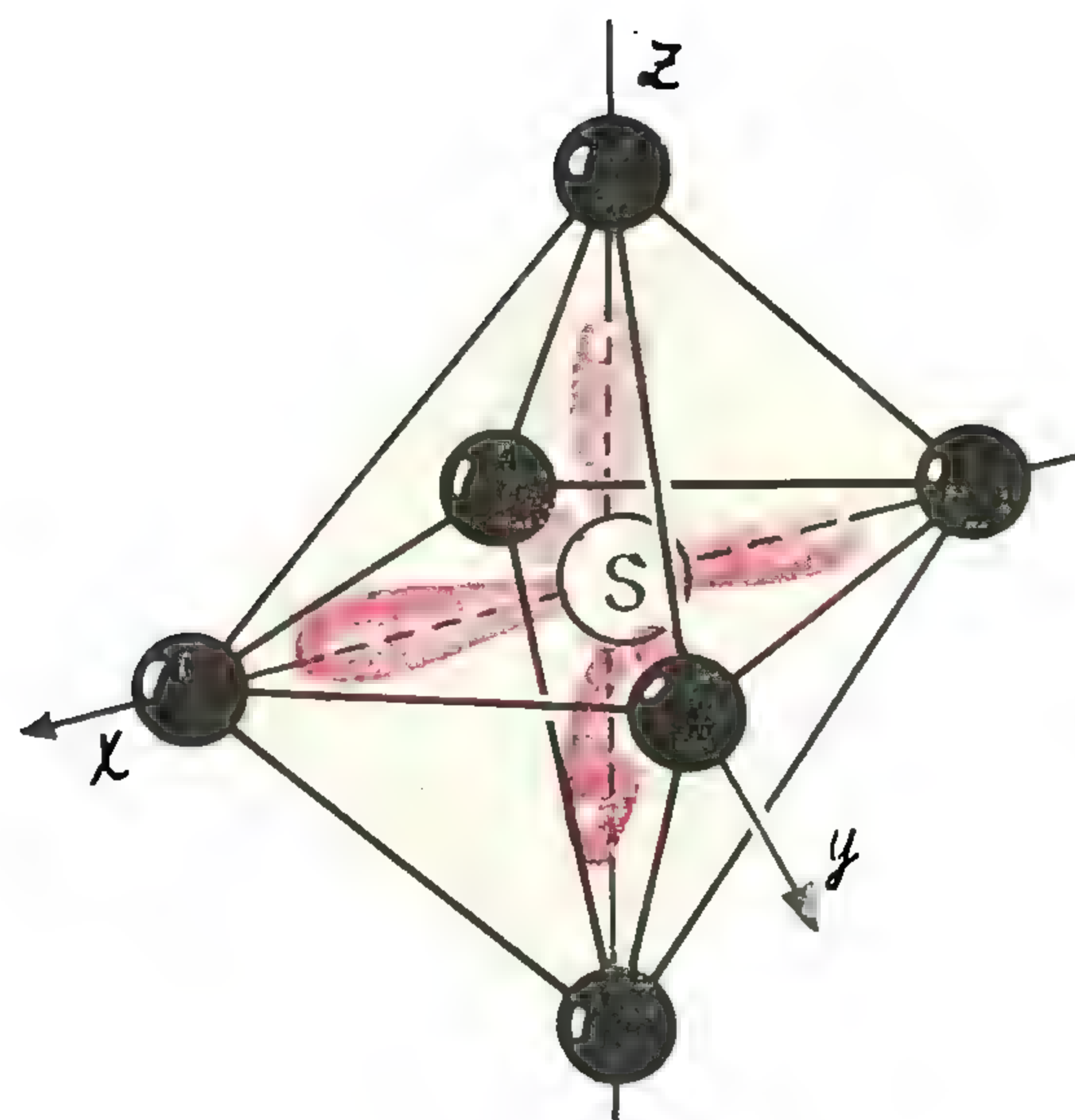


Рис. 15.

проявляется в так называемых «ильных» группировках (молибденильных MoO , уранильных UO_2 , нептунильных и т. п.). В $[MoOCl_5]^{2-}$, например (рис. 14, внизу), атом O образует с молибденом σ -связь и две π -связи: одну за счет второго неспаренного электрона, а другую за счет одной из своих «неподеленных пар». Возникновение такой тройной связи приводит к заметному уменьшению расстояния между атомами и увеличению частоты инфракрасных колебаний.

Начиная с третьего периода в игру вступают d -орбиты. Как аналог кислорода, сера ($S 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$), стала шестивалентной (рис. 15)? Так же, как стал четырехвалентным бериллий — путем использования вышележащих орбит. Нетрудно показать, что гибридизация одной s -, трех p - и двух d -орбит (d_{z^2} и $d_{x^2-y^2}$) приводит к шести связям, направленным точно по октаэдру — sp^3d^2 -гибридизация. Отличие от бериллия здесь в том, что атому бериллия для обслуживания четырех орбит нужно акцептировать два электрона, а сере в SF_6 хватает и своих.

Акцептирование на пустые d -орбиты становится необходимым, когда своих электронов не хватает. У атома кремния, например, только четыре валентных электрона ($Si 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$), однако в молекуле $Si_2(OR)_8$ один из атомов Si образует шесть октаэдрических связей (рис. 16). Конечно, это требует использования $3d$ -орбит и заимствования двух электронов. Атом кремния при этом приобретает отрицательный заряд и,

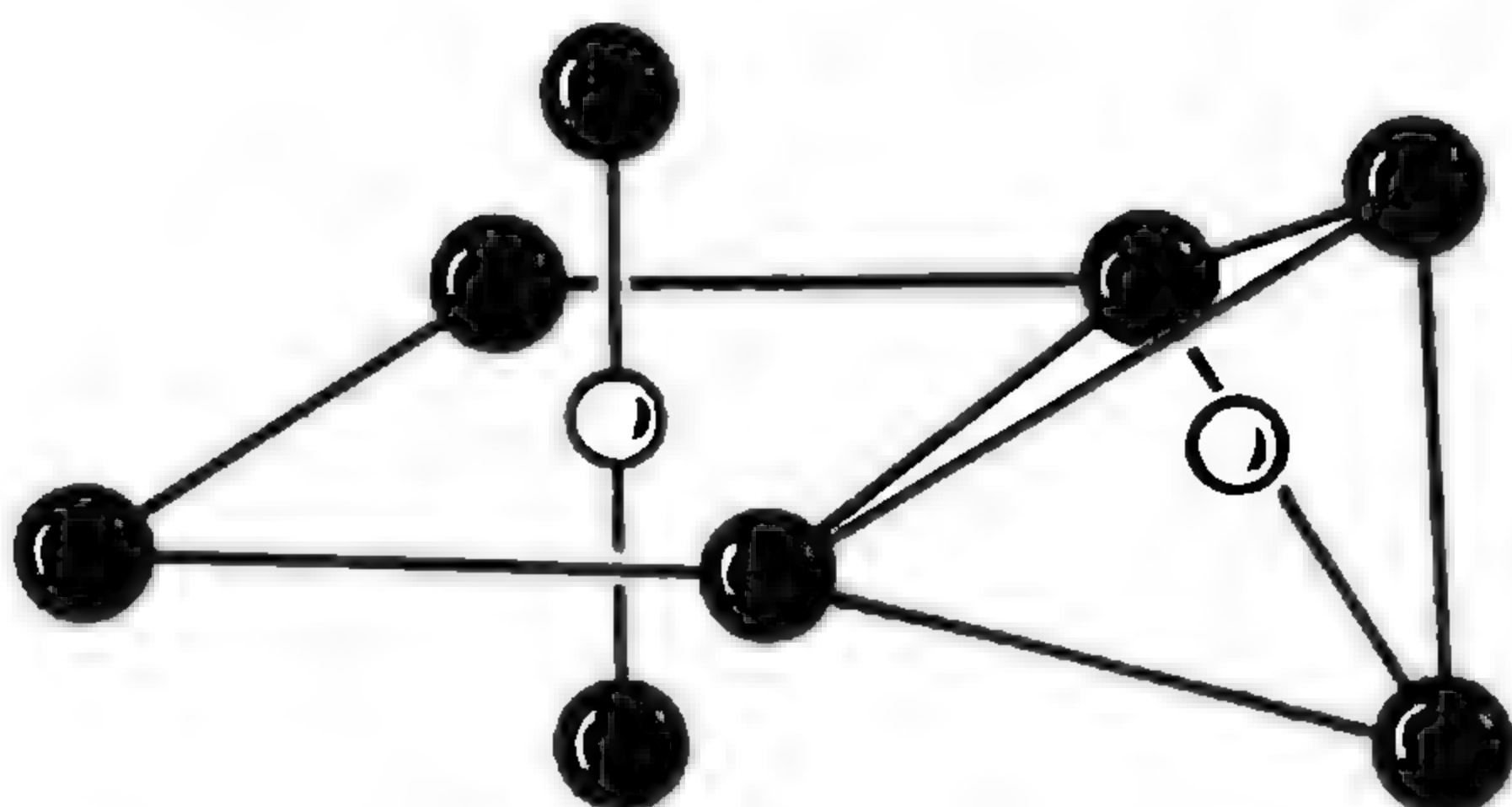


Рис. 16.

как подтверждают измерения, в ряде молекул становится отрицательным концом диполя.

Сколько же вообще связей может образовать атом с s -, p - и d -орбитами? Максимально столько, сколько у него орбит: $1 + 3 + 5 = 9$, и возможности, скажем, переходных элементов вовсе не ограничены классическим октаэдром. Они вполне допускают и структуры вроде $[\text{MoF}_8]^{2-}$ (рис. 17).

Повышение кратности связей за счет d -орбит возможно также с третьего периода. По какой причине в силикатах — строительном материале земной коры — валентный угол при атоме кислорода, 142° , пожалуй ближе к 180° , чем к 90° (рис. 18)? Давайте разберемся: тетраэдры вокруг атомов Si и близкое к линейному расположению вокруг O выявляют скелет структуры из тетраэдрических sp^3 -связей кремния и sp -связей кислорода. Оставшиеся на внешней оболочке атома кислорода четыре электрона используются с выгодой для двух (делокализованных) π -связей с пустыми d -орбитами кремния (рис. 18, б, в). Вторая из этих π -связей и «выпрямляет» структуру.

Другой хороший пример того же рода дает нам более детальное рассмотрение SF_6 . В шести одинарных октаэдрических связях участвуют только две из пяти $3d$ -орбит атома серы — d_{z^2} и $d_{x^2-y^2}$, лопасти которых смотрят прямо на атомы фтора. Однако оставшаяся тройка $3d$ -орбит — d_{xy} , d_{xz} , d_{yz} — тоже «идет в дело». Эти орбиты очень удачно перекрываются с теми p -орбитами атомов фтора, которые перпендикулярны линиям связи и заняты неподеленными парами

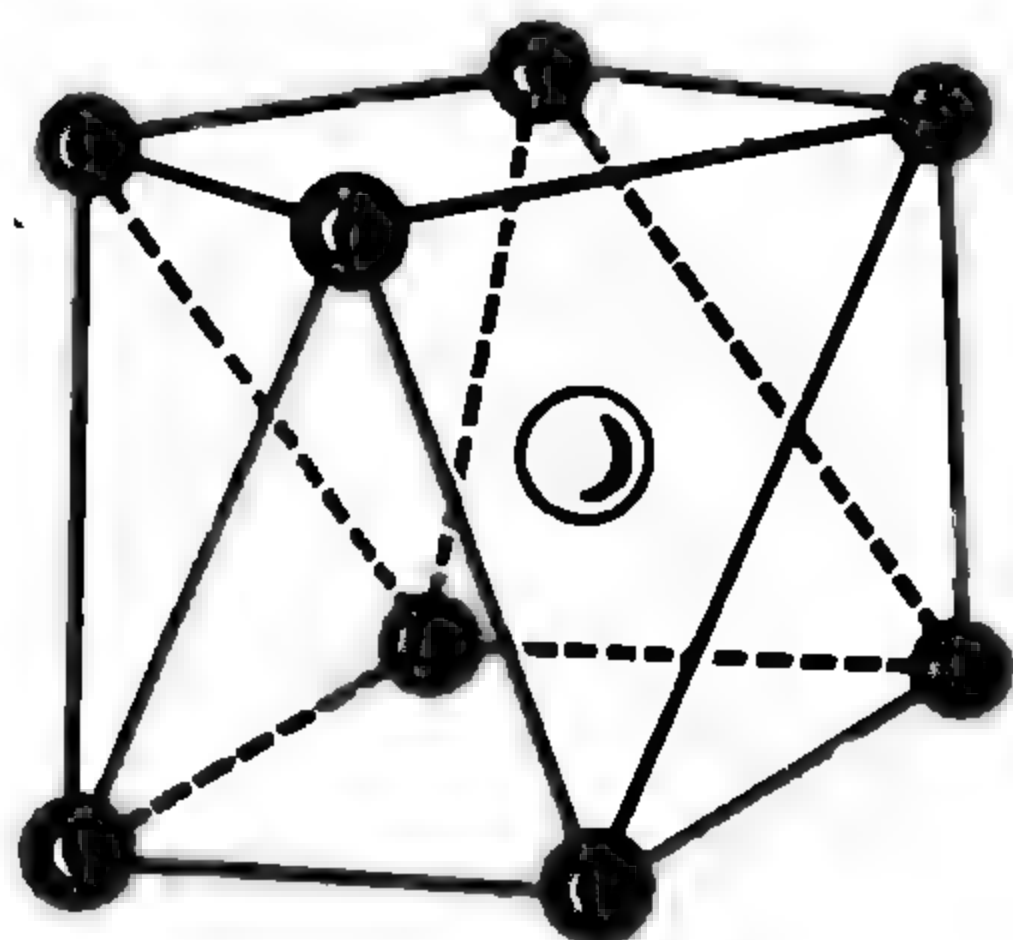


Рис. 17.

электронов. Так за счет трех пустых d -орбит серы и неподеленных пар электронов фтора возникают дополнительные донорно-акцепторные π -связи (трехцентровые) и электроны с галогидных атомов смещаются к сере. В итоге на атоме серы возникает отрицательный заряд, а атомы фтора заряжаются положительно! Такое распределение заряда ясно проявляется в рентгеновских спектрах поглощения.

Почему золото тяжелое, а цезий легкий? Потому же, почему энергия диссоциации молекулы Au_2 — 51 калория, а Cs_2 — всего

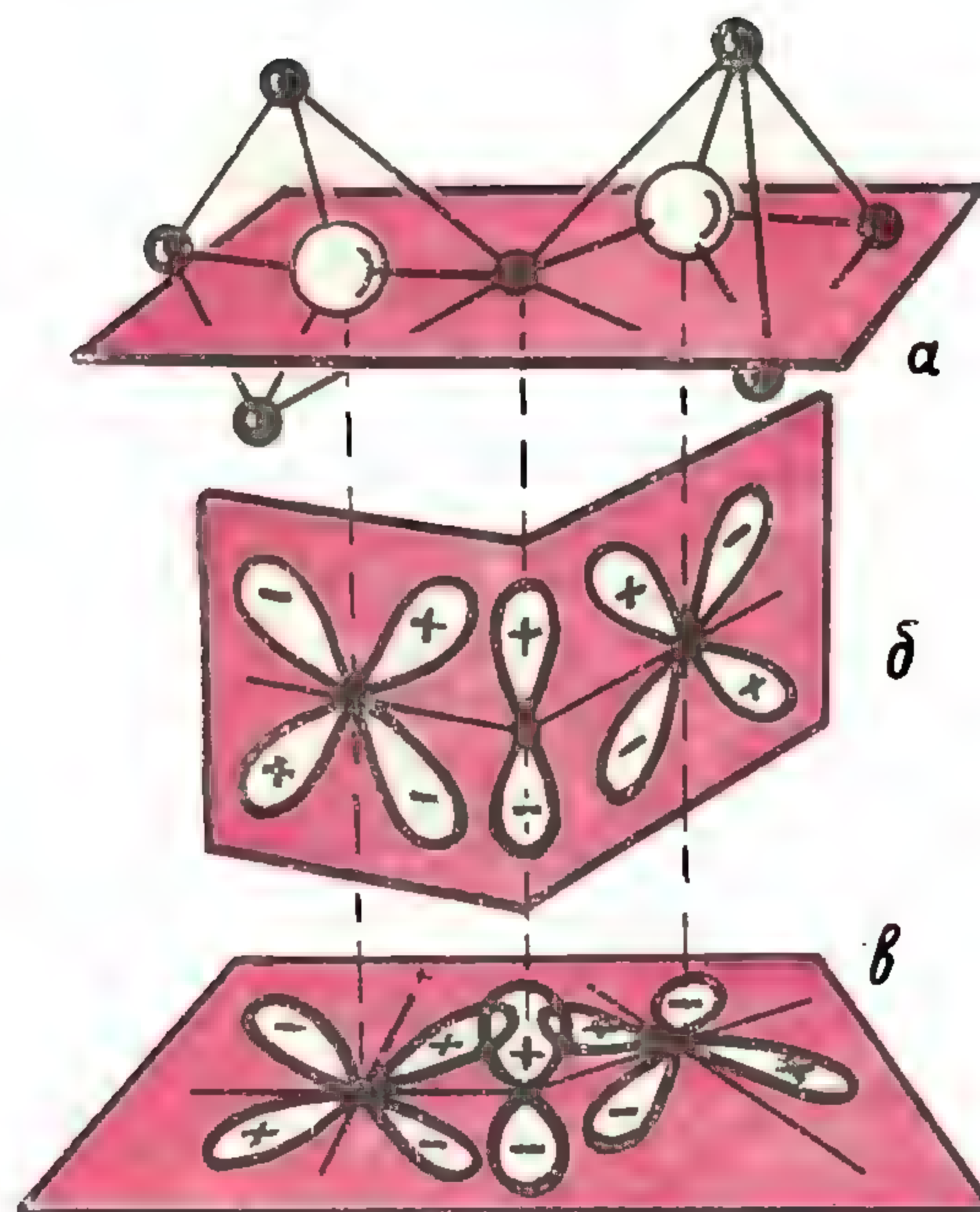


Рис. 18.

10 калорий: атомы золота гораздо сильнее стянуты валентными силами из-за образования кратных связей с участием d -орбит. У атомов подгруппы меди: Cu, Ag, Au неглубоко под валентной ns -оболочкой расположены заполненные $(n-1)d$ -орбиты, а невысоко над ней пустые np -орбиты. За счет донорно-акцепторного взаимодействия этих пустых np -орбит одного атома с «неподеленными парами» электронов на $(n-1)d$ -орбитах другого (и наоборот) возникают дополнительные связи. Щелочным же металлам K, Rb, Cs приходится довольствоваться обычной одинарной связью между ns -орбитами: d -электронов у них нет, а уровни $(n-1)p$ и np отличаются по энергии сильно.

Окончание в следующем номере

УДК 530.145

СВЕРХСЛАБОЕ СВЕЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Профессор В. Н. Тарусов

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Для получения информации о физико-химических явлениях, протекающих в живых клетках и организмах, большое значение имеют физические методы. По оптическим, электрическим, механическим и другим показателям они позволяют следить за развитием химических процессов. Уже несколько десятков лет тому назад высказывалось соображение, что живые клетки организмов испускают излучения, и что по этим излучениям можно получить сведения о химических реакциях, связанных с энергетикой клеток.

НА ЗАРЕ РАДИОБИОЛОГИИ

В тридцатых годах В. В. Лепешкин пытался при помощи несовершенного метода фотографической регистрации уловить излучение, испускаемое при поражающем действии химических веществ на живые клетки. Это исследование было навеяно идеей, что липидобелковый комплекс, по терминологии В. В. Лепешкина «витаид», который служит основной структурой в клетках, при их гибели должен распадаться, что сопровождается испусканием лучистой энергии. Он описывал, что при таких воздействиях на ткани происходит потемнение фотографических пластинок, превышающее нормальное вуалирование, и считал, что это ультрафиолетовое излучение. В литературе очень долго упоминались «некробиотические лучи Лепешкина».

Несовершенство метода, однако, не позволило глубже изучить это излучение, и исследования В. В. Лепешкина были забыты. Почти одновременно А. Г. Гурвич, на основании дистанционного воздействия клеток организмов на скорость клеточного деления, выдвинул предположение, что клетки испускают излучение в ультрафиолетовой области спектра, стимулирующее клеточное де-

ление. Это излучение было им названо митогенетическим; предполагалось, что оно служит обязательным условием акта клеточного деления.

Исследования А. Г. Гурвича и его учеников вызвали огромный интерес во всем мире. Его школа разрабатывала биологические методы регистрации этого излучения и работала в направлении уточнения его роли в жизни клетки. В дальнейшем делались попытки применить эти излучения к анализу процессов, происходящих в живых клетках. На основе этих исследований был сделан вывод, что источником этих излучений служат реакции в белках и углеводах. Отмечалось, что при гибели клеток возникает деградационное излучение. Одно время большое внимание привлекли исследования, в которых отмечалось, что при раковых опухолях в крови появляются вещества, ослабляющие митогенетическое излучение клеток (тушители).

Подтвердить существование митогенетического излучения физическими методами не удалось, биологические же методы оказались очень капризными, и результаты получались часто противоречивые. Началось охлаждение к проблеме; число исследований резко сократилось. Вопрос остается открытым и до настоящего времени.

УСПЕХИ ТЕХНИКИ

В 1954 г. итальянские физики А. Коли и др. создали по тому времени очень чувствительную установку с применением фотоумножителя в режиме охлаждения; им удалось вполне достоверно зарегистрировать с большой площади от корешков растений излучение в видимой сине-зеленой части спектра. Установив этот интересный факт, эти физики, однако, не пошли дальше и не дали анализа природы этого излучения.

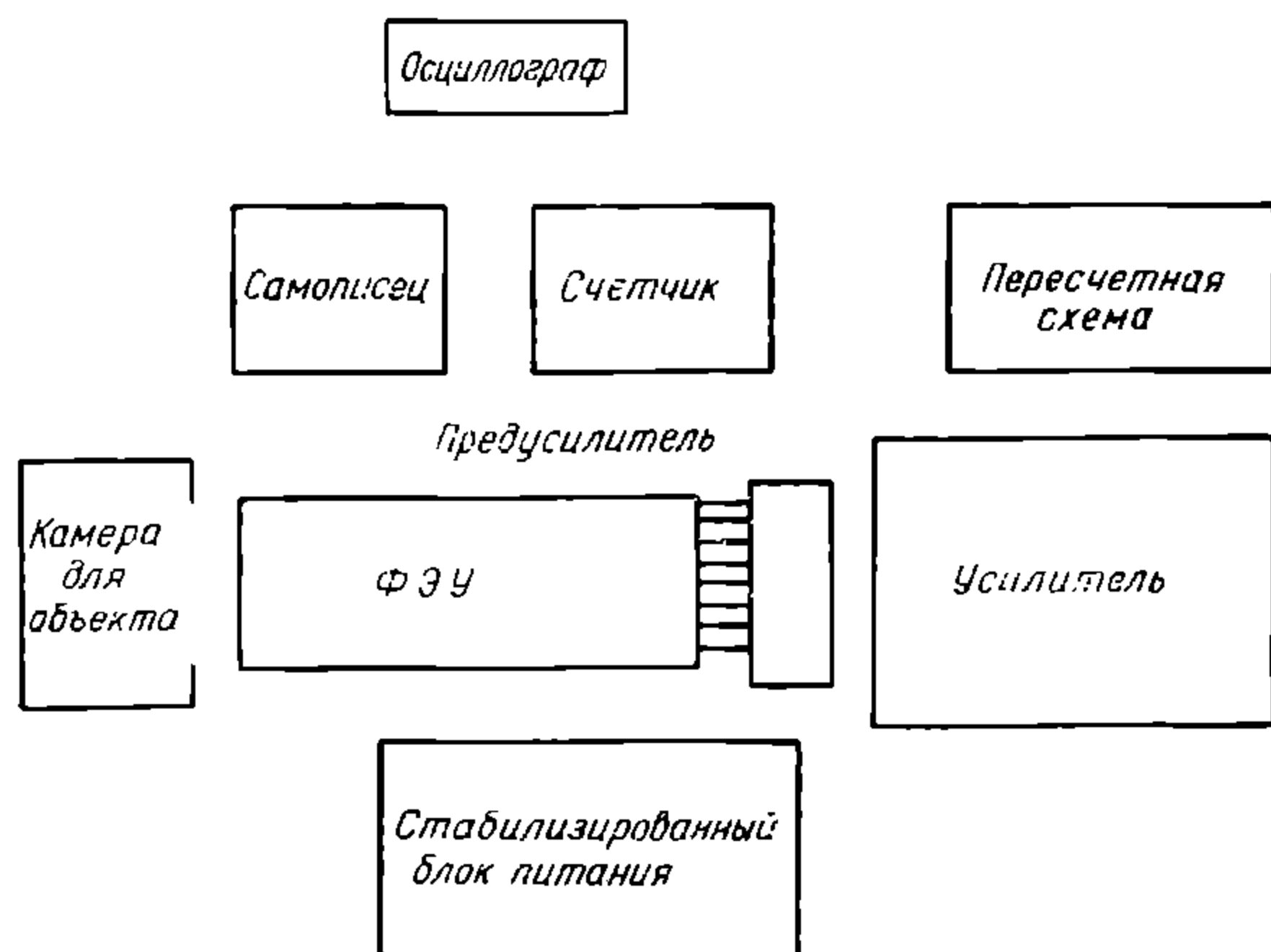


Рис. 1. Схема установки для изучения сверхслабого свечения

Возможность определения очень слабых источников излучения определялась, конечно, успехами в конструировании фотоумножителей, честь изобретения которых принадлежит советскому исследователю А. Ф. Кубецкому. При высокой чувствительности этих приборов, фактором, ограничивающим возможность регистрации сверхслабых излучений, было присутствие в приборе собственных шумов и помех, соизмеримых с улавливаемыми сигналами. За последнее десятилетие были сделаны большие успехи в отношении уменьшения собственных шумов фотоумножителей, благодаря чему удалось в тысячи раз повысить их разрешающую способность. Значительное снижение шумов было достигнуто и путем охлаждения глубоких фотоумножителей. Однако при этом возникала трудность создания стабильного режима работы.

Более удобным оказался метод отклонения шумовых электронов — фокусировки их внешними полями. Этот принцип фокусировки магнитным полем был впервые осуществлен венгерским

исследователем И. Я. Варгой. На принципе электростатической фокусировки советскими конструкторами (А. Хлебников, А. Е. Меламид и др.) были созданы высокочувствительные малошумящие фотоумножители, которые позволяли измерять чрезвычайно слабые световые потоки (всего лишь десятки и сотни квантов в секунду на 1 см^2).

Добившись максимального снижения шумов на высокочувствительной установке, Б. Н. Тарусову, А. И. Поливоде и А. И. Журавлеву удалось зарегистрировать сверхслабое излучение в видимой части спектра от поверхности функционирующих органов животных (рис. 1). Опыты, поставленные на кафедре биофизики Московского университета, показали, что это излучение широко распространено в природе и присуще всем живым клеткам — бактериальным, растительным и животным. При помощи фотоумножителей с максимальной чувствительностью, применимых к различным участкам спектра, и светофильтров, было установлено, что это излучение лежит во всей видимой части спектра ($4000\text{--}6000 \text{ \AA}$) и имеет несколько максимумов.

ХЕМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

При изучении природы этого сверхслабого излучения было установлено, что оно испускается только в присутствии кислорода и гасится при его отсутствии в атмосфере чистого азота. Это говорило о том, что оно представляет собой хемотрюминесценцию, т. е. испускается в процессе развития химической окислительной реакции.

Фотохимикам было уже давно известно, что при некоторых реакциях окисления происходит испускание света. Такая хемотрюминесценция возникает вследствие того, что некоторая часть возбужденных молекул не успевает использовать свою энергию в химических актах и испускает ее в форме квантов света.

Обычно в окислительных реакциях может излучаться только незначительная часть энергии (10^{-6-7}), и лишь в специализированных реакциях биолюминесценции (например, свечение светляков) наблюдается почти стопроцентное выделение энергии в форме излучения.

За последнее время советские физико-химики (Р. Ф. Васильев, В. Я. Шлапентох, И. И. Сапежинский, А. А. Вичутинский),

применяя также чувствительные фотоумножительные установки, обнаружили, что хемотрюминесценция более широко распространена в природе, нежели предполагалось ранее. Механизм ее заключается в том, что при развитии окислительных реакций образуются перекисные радикалы. Некоторая часть этих радикалов рекомбинирует; при этом они отдают накопленную энергию в форме излучения. Так как число рекомбинировавших радикалов пропорционально числу прореагировавших, то интенсивность свечения отражает кинетику развития реакции и позволяет судить о том, сколько радикалов образовалось.

По сверхслабому свечению живых клеток можно, таким образом, получать информацию о протекающих в них окислительных реакциях и измерять их кинетику. Однако при этом возникает основной вопрос, какие субстраты и реакции служат источником этого излучения.

Изучая влияние ядов, действующих на ферментативные процессы, Р. А. Гасанов пришел к выводу, что основные реакции дыхательного цикла непосредственно не принимают участия в этом излучении. При фракционировании компонентов клеток центрифугированием (А. И. Журавлев, Б. Н. Секамова и др.) подмечено, что излучает в основном наиболее легкая фракция, содержащая жироподобные вещества, липиды. Было установлено также, что вещества, тормозящие окисление в липидах, — цистеамин, тиомочевина и др. — ослабляют излучение органов и клеток, а вещества, усиливающие окисление в липидах (например, витамин А), активируют это излучение.

Применив разработанный Ю. П. Козловым метод прижизненного определения химически активных радикалов по полимеризации мономеров акриламида, Уртиле Сгери-ке показал явное соотношение между появлением этих радикалов в липидных фазах клеток печени мышей и интенсивностью сверхслабого излучения.

Исследование сверхслабого излучения на различных растительных и животных жирах показало, что их самопроизвольное окисление на воздухе всегда сопровождается сверхслабой хемотрюминесценцией и что закономерности этой люминесценции — ее интенсивность, кинетика и спектр — хорошо имитируют свойства излучения живых клеток. Это дало основание предположить, что источником сверхслабого излучения служат

клеточные липиды, входящие в состав структурных элементов клеток, в особенности тех их фракции, которые содержат митохондрии и лизосомы. Только в состоянии возбуждения к этому излучению присоединяется излучение при распаде АТФ (аденозинтрифосфата).

ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ

Информация, полученная при сравнительном изучении сверхслабого излучения различных клеток теплокровных животных и низших растений, показала, что в липидных структурных элементах живых клеток непрерывно и с очень незначительной скоростью идет окисление липидных субстратов. При сравнительных исследованиях было установлено, что интенсивность этого окисления более или менее одинакова у различных клеток при одинаковой температуре. При этом было обращено внимание на то, что клетки злокачественных опухолей излучают значительно слабее, нежели нормальные клетки, т. е. что окисление в структурных элементах там развивается слабее.

Количественные закономерности, полученные при наблюдении над излучением клеток, сразу же вызвали ряд вопросов. Сверхслабое свечение показывало, что окисление липидов в клетках в норме происходит очень медленно и развивается во времени с постоянной скоростью, т. е. что оно стационарно. Если взять липиды, извлеченные из организма, и по свечению наблюдать их окисление, то оказывается, что оно развивается с непрерывным ускорением, и только тогда, когда материал уже окислен, начинается замедление. В итоге, интенсивность его окисления при одинаковых температурных условиях значительно выше, нежели в организме. Если к такому окисляющемуся липиду добавлять свежие эфирные или спиртовые экстракты из клеток, содержащие клеточные липиды, то интенсивность свечения и, следовательно, окисления, снижается.

Особенно сильным антиокислительным действием обладают экстракты из раковых клеток. Это говорит о том, что в живых клетках основные структурные липиды защищены от окисления присутствием растворимых в липидах ингибиторов окисления — антиокислителей (антиоксидантов). Быстро реагируя с появляющимися радикалами, они выводят их из реакции. Однако, тормозя при этом реакцию и уничто-

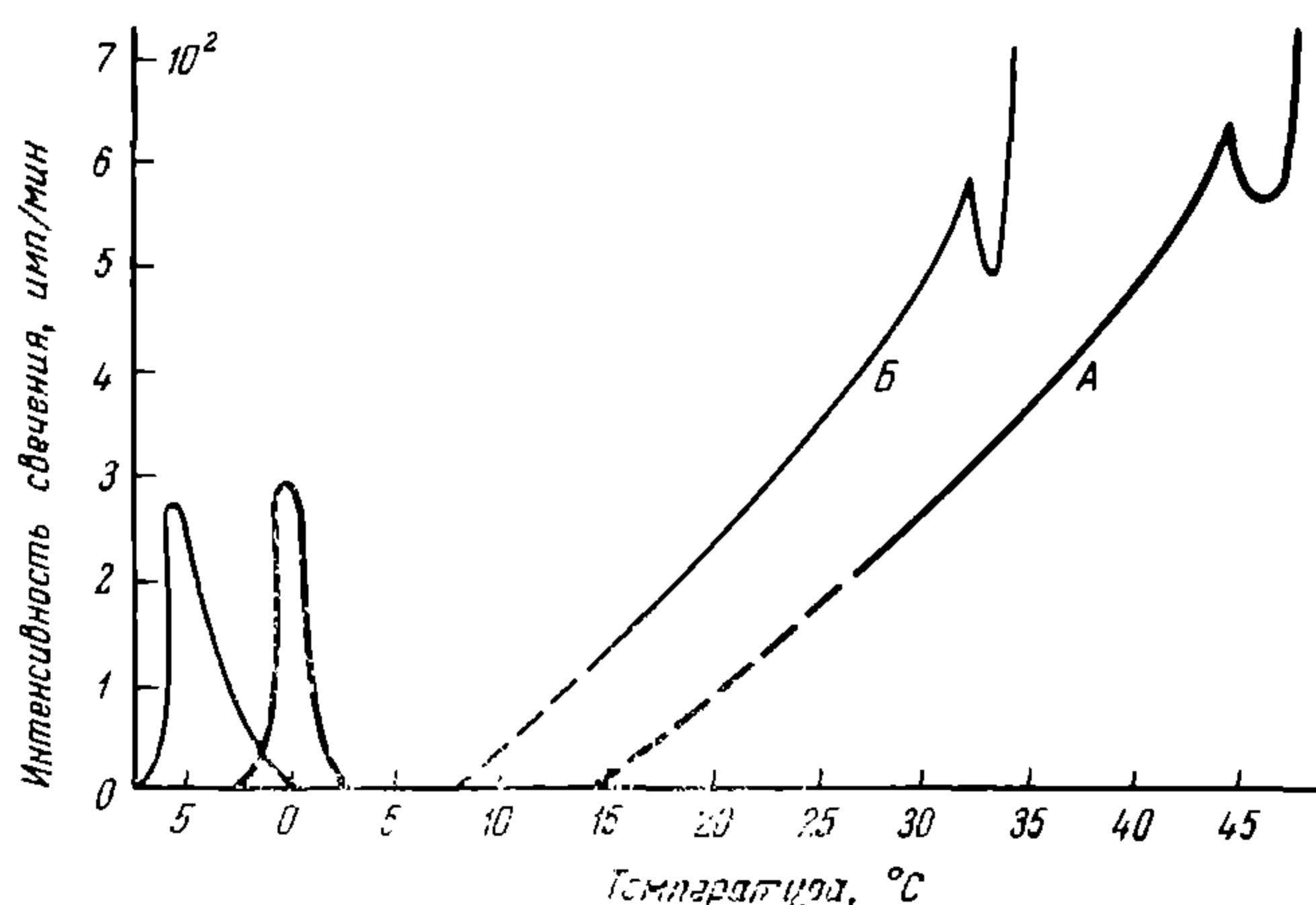


Рис. 2. Интенсивность свечения корней проростков пшеницы при изменении температуры. А — южная пшеница Азербайджана; Б — северная пшеница Московской области

жая возникающие центры окисления, антиокислители сами расходятся. Для того чтобы стабильно поддерживать окисление на низком уровне, необходимо, чтобы их количество восполнялось, в противном случае оно упадет до предела, при котором реакция окисления липидов начнет развиваться с большой интенсивностью и ускорится, а интенсивное окисление приведет к катастрофическому разрушению структур и гибели клеток.

АНТИОКИСЛИТЕЛИ

Анализ, проведенный при помощи сверхслабого свечения, позволил установить, что для поддержания целостности основных клеточных липидных структур, на которых расположены ферментные системы, необходим постоянный транспорт (перенос) антиокислителей. Именно этот транспорт служит тем авторегулирующим механизмом, который сохраняет клеточную организацию. Такими антиоксидантами липидной природы служат вещества группы токоферола (витамин Е), фосфолипиды и т. д. Когда транспорт антиоксидантов нарушается или не может восполнять их расход, липиды начинают интенсивно окисляться, причем разрушается их связь с белком. Основа, на которой расположены ферменты, рушится, нарушается их расположение и координация.

ЛИПОПРОТЕИНОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Таким образом, было показано, что сверхслабое излучение (только не ультрафиоле-

товое) может характеризовать поведение липопротеиновых комплексов и информировать об их состоянии. В связи с реакционной способностью липидов липопротеиновые комплексы представляют собой важнейший структурный элемент клетки, но в то же время и наиболее слабое ее место.

Возникает вопрос, не определяются ли температурные пределы существования организмов способностью существования этих комплексов? При анализе этого явления большую помощь могли бы оказать сверхслабые излучения. В связи с этим было предпринято исследование, главным образом на растениях, зависимости интенсивности сверхслабых излучений от температуры. Работа велась на корнях различных однолетних растений. В. А. Веселовский и Р. А. Гасанов установили, что в пределах биологического оптимума, при повышении температуры, излучение закономерно усиливается, и при каждой новой температуре устанавливается стационарное состояние, соответствующее этой новой интенсивности. Было обнаружено также, что при повышении температуры намечается очень четкая критическая температурная точка, в которой стационарность нарушается и интенсивность излучения начинает возрастать, непрерывно ускоряясь во времени. Как показали перечисленные исследователи на ряде злаковых растений (пшеницах и ячменях), эта критическая точка связана с температурной чувствительностью данного сорта, и по ней, ее положению на оси, можно получить быструю и четкую информацию о том, является ли данный вид или сорт теплолюбивым или холодолюбивым (рис. 2).

Изучая изменения интенсивности излучения в сторону низких температур, А. Ш. Агавердыев и Я. Е. Доскоц установили, что такая же закономерность наблюдается и при понижении температуры. По мере понижения температур интенсивность излучения вполне закономерно падает и ослабевает даже настолько, что уже перестает улавливаться самыми чувствительными приборами. Однако при дальнейшем снижении температуры критическая точка все же выявляется по внезапному появлению излучения (кратковременной вспышки), место которой на температурной шкале определяет ту критическую точку низкой температуры, при которой растение еще может существовать. Как было показано специ-

альными опытами, эта вспышка не зависит от образования льда, а связана с нарушением координации реакций, т. е. с нарушением стационарности, при которой, несмотря на низкую температуру, начинается быстрое расходование антиоксидантов и разрушение структурных элементов.

Было экспериментально показано, что такая низкотемпературная вспышка возникает только в присутствии кислорода. Вещества, задерживающие окисление, снижают ее интенсивность и несколько сдвигают ее к более низкой температуре. Таким образом открылась возможность по двум температурным критическим точкам сверхслабого излучения определить температурные климатические границы, в которых может существовать растение в очень короткий промежуток времени, а такая оценка часто бывает очень нужна в растениеводстве и селекции.

Опыты на растениях показали, что повреждение температурой сопровождается вспышкой излучения. Подобная вспышка излучения в видимой части спектра сопровождается не только температурное повреждение, но и поражение различными другими факторами. Так, при действии различных химических агентов — алкоголя, трихлоруксусной, лимонной и щавелевой кислоты, когда происходит гибель клеток, свечение возрастает за короткий промежуток времени в десятки раз. Эту реакцию, при гибели от различных факторов, безотказно давали мышцы вышних и низших организмов, переживающие органы, прозрачные личинки, насекомых и др. (рис. 3). В. В. Лепешкин был, по-видимому, в основном прав, и ошибся только в оценке спектрального состава излучения.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХСЛАБОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Эти наблюдения открывали путь и в другом направлении. Если сверхслабое излучение давало возможность получить информацию о разрушении липопротеиновых структурных элементов, то, быть может, его можно было использовать и для получения данных о роли этого процесса при некоторых патологических процессах? В первую очередь, представлялось заманчивым получить сведения о живых клетках при поражении их лучистой энергией, о повреждении липидных клеточных структур. Уже давно высказывалось предположение, что основным первичным пусковым радиохимическим процессом является усиление окисления липидов клеток и их распад. Это пред-

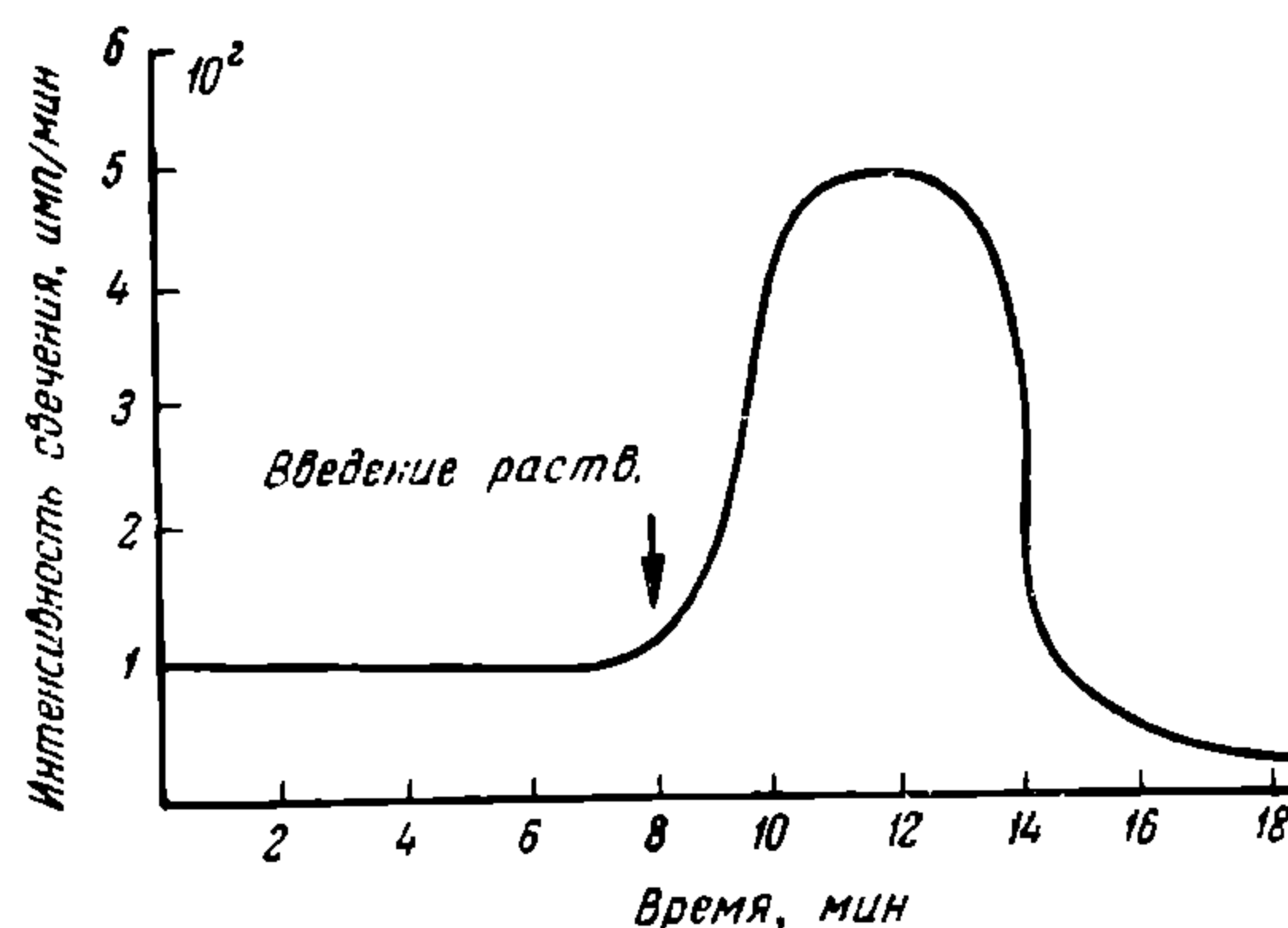


Рис. 3. Интенсивность свечения ткани печени крысы при повреждении ее раствором 5%-ной щавелевой кислоты

положение обосновывалось опытами на моделях и изучением физико-химических свойств липидов, извлеченных из органов. Некоторые исследователи обнаружили при этом в липидных фракциях из облученных организмов присутствие перекисей, что служило признаком развития окислительной реакции.

Г. А. Поповым, Л. Ф. Тхорл и А. И. Журавлевым было установлено, что интенсивность сверхслабого свечения при окислении различных жиров и липидов соответствует как раз количеству перекисей и перекисных радикалов, и при прибавлении их извне к липидам свечение усиливается. В наших опытах было установлено, что интенсивность сверхслабого излучения закономерно возрастает после облучения рентгеном. Удалось прижизненно, как у органов животных, так и у растений, снять кривую этого процесса, которая свидетельствовала о том, что его интенсивность при смертельных дозах непрерывно нарастает во времени и позволяет поставить вопрос о применимости этого вывода и к патологии. Свечение показывает, как развивается этот процесс и позволяет уловить на клетках переход к стадии нарушения стационарности и авторегулирования.

Сконструировав установку для регистрации сверхслабых биологических свечений, в которой фотоумножитель защищен от непосредственного действия рентгена, Ц. М. Авакян и Н. Г. Нор-Аревян получили возможность изучить этот процесс во время облучения на растениях. Они показали, что кинетика реакции развивается по цепному механизму. При анализе состояния анти-

оксидантных систем было установлено, что экстракты из животных органов — печени, мозга, селезенки, а также из растительных тканей обладают способностью ослаблять и даже гасить хемолуминесценцию, испускаемую при окислении липидов. Этот факт говорит о том, что в них содержатся вещества, подавляющие окисление — антиоксиданты. Если брать также же пробы от животных, подвергнутых действию рентгенового излучения, то видно, что по мере развития процесса экстракты проявляют свое свойство гасить свечение все слабее и слабее. Это показывает, что антиоксиданты при этом действительно разрушаются, и именно вследствие этого реакция окисления биоллипидов выходит из режима авторегуляции и начинает бурно развиваться по цепному механизму. Таким образом, при помощи техники сверхслабого излучения удалось подтвердить реальность возникновения окислительной автокаталитической реакции в клеточных липидах при облучении.

ГАСЯЩИЙ ЭФФЕКТ РАКОВЫХ КЛЕТОК

Нам казалось весьма интересным подойти к выяснению причины, почему клетки раковых опухолей излучают слабее, нежели нормальные клетки, и изучить состояние их антиоксидантных систем. Первые опыты И. И. Иванова показали, что экстракты из различных экспериментальных опухолей крыс — сарком и карцином — ослабляют свечение окисляющихся жиров и олеиновой кислоты в большей степени, чем экстракты из других клеток. Значительно больший гасящий эффект оказывали также раковые клетки в культуре тканей. Для того чтобы добиться максимальной чувствительности и четкости при обнаружении и количественном учете эффекта гашения, Т. Мамедов и Ю. Петрусевиц создали электрохимическую модель сверхслабой биохемолуминесценции. При пропускании электрического тока через раствор аминокислоты тирозина происходит его окисление на аноде, и это окисление сопровождается свечением в синезеленой части спектра. Изменяя силу тока, можно получать наиболее выгодную для работы интенсивность. Этот источник сверхслабого излучения обладает очень высокой стабильностью.

При прибавлении в зону анода клеточных экстрактов и даже целых клеток наблюдается снижение интенсивности свечения, по

которому можно судить о суммарном количестве антиоксидантов — «антиоксидательном потенциале». Чувствительность этой реакции очень высока, она в сотни и даже тысячи раз превосходит чувствительность химических методов определения антиоксидантов. Этот метод позволяет количественно устанавливать антиоксидательную активность в очень незначительных количествах.

При помощи этого метода удалось установить, что в крови животных и ее плазме всегда присутствуют вещества, обладающие способностью гасить свечение, т. е. антиоксиданты. Как показали исследования, эти фосфолипиды и витамины (токоферол и т. д.) поступают в кровь из пищеварительного тракта и, попадая в кровь, направляются в различные клетки для пополнения антиоксидантов, расходуемых в окислительных реакциях, протекающих в липидных образованиях. Для злокачественных опухолей характерно, как уже отмечалось при помощи информации, полученной по сверхслабой хемолуминесценции, повышенное содержание антиоксидантов в липидах.

В соответствии с этим было установлено, что когда у крыс начинает развиваться раковая опухоль, количество антиоксидантов в крови увеличивается и ее способность гасить хемолуминесценцию возрастает. Исследования показали (И. И. Иванов, Ю. С. Петрушевич, Н. Кочур, С. Бао), что эти антиоксиданты поступают в кровь не из клеток опухолей (даже при их распаде), а из органов. Главным источником их служит печень. При мощном развитии опухоли и ее быстром росте способность липидов печени ослаблять хемолуминесценцию снижается в несколько раз: происходит как бы перекатка антиоксидантов в растущую опухоль. Простые подсчеты показывают, что потребность опухоли в антиоксидантах в два-три раза превышает потребность в них других клеток (рис. 4).

Фракционирование позволило установить, что суммарно в крови можно дифференцировать группу антиоксидантов белковой и небелковой липидной природы. При росте опухолей возрастает главным образом вторая фракция. Это подчеркивает важную роль липидных ингибиторов в нарушении соотношения между окислительным и гликолитическим процессом. Если, например, лечить опухоль воздействием такого фактора, как сарколизин, который очень хорошо приостанавливает рост экспериментальных

опухолей крыс, то содержание антиоксидантов в крови падает сразу же — через сутки после начала воздействия.

* * *

Приведенные здесь примеры показывают, что уже сейчас, на первых этапах изучения, сверхслабое спонтанное излучение дало ценные сведения о реакциях в липидах и липопротеиновых комплексах. Это позволяет поставить вопрос о роли антиоксидантов в авторегулировании жизненных процессов. Есть основания предполагать, что при возбуждении клеток к этому излучению, вызванному хемолуминесценцией, в биолипидах присоединяется хемолуминесценция окислительного распада АТФ. По своей природе это сверхслабое излучение отличается от того сверхслабого излучения, которое получило название Стреллеровского и обнаруживается при действии света на растения. Судя по всему, оно вряд ли связано с митогенетическим излучением Гурвича. Реальная связь прослеживается только с работами В. В. Лепешкина, который экс-

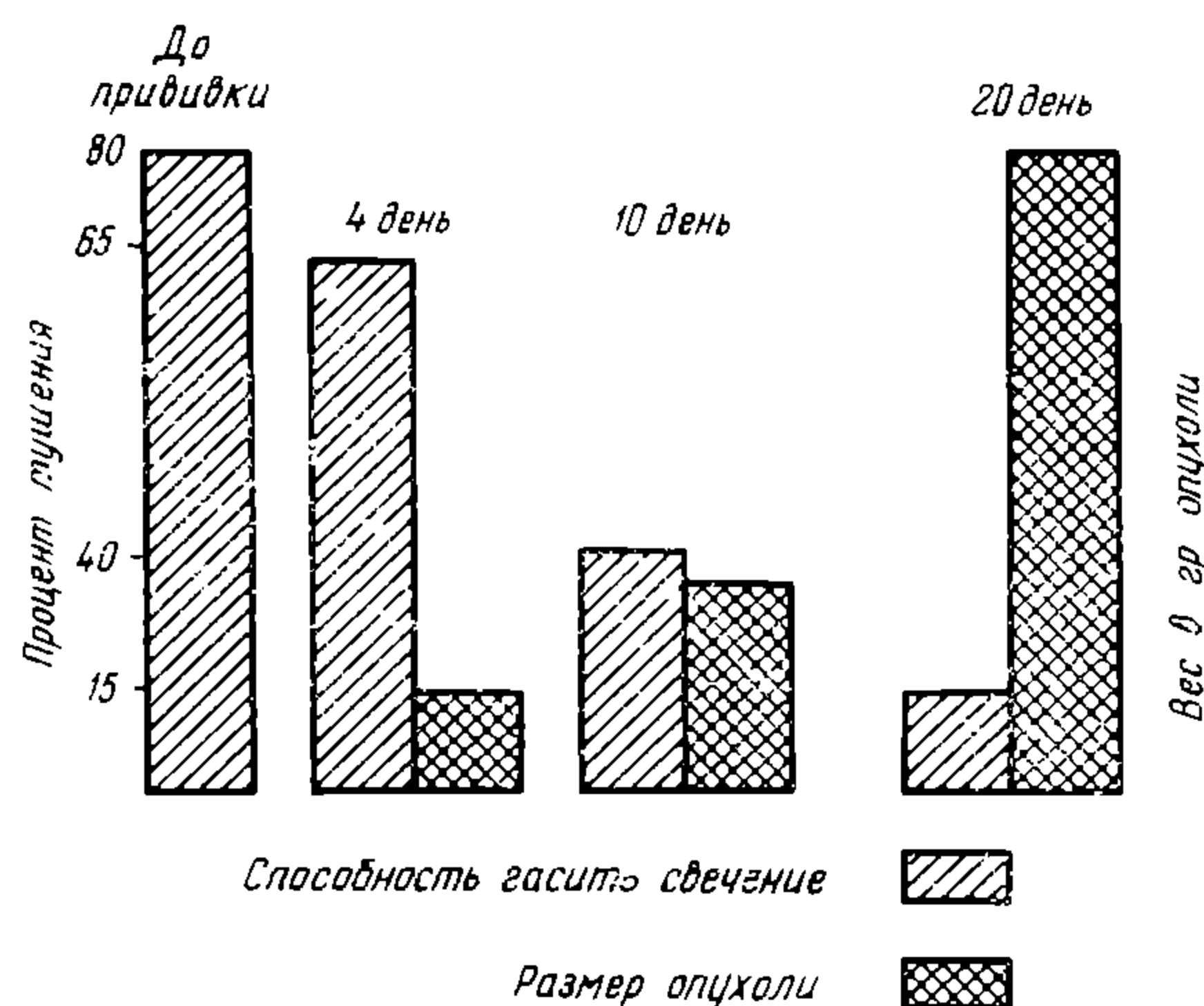


Рис. 4. Изменение количества гасящих свечение веществ в печени крысы при развитии саркомы Ниппона

периментально обнаружил свечение и лишь неправильно оценил его спектральную характеристику, хотя и высказал правильные соображения об источнике этого излучения.

УДК 635.43

Заметки, Наблюдения

«СРАЖЕНИЕ» НАД ОЗЕРОМ

Нескольким рыболовам-любителям — жителям пос. Сукремльского, Калужской области, минувшей осенью пришлось стать свидетелями редкого, интересного сражения пернатых.

На живописное озеро Ломпадь мы пришли на зорьке. Клёв был хороший. Когда солнце поднялось над горизонтом, мы увидели парящего высоко над озером черного коршуна, а над лесом кружилась большая стая ворон и галок. Внезапно коршун снизился, стрелой метнулся к воде и в тот же миг поднялся с большой рыбной в клюве. И тогда вороны и галки с криком набросились на пернатого хищника, явно желая вырвать у него добычу. Размахивая своими длинными могучими крыльями, коршун яростно отбивался. Не выпуская рыбки, он то поднимался высоко вверх, то камнем падал вниз, пытаясь уйти от преследователей. Но те не отставали, все снова бросаясь в атаку.

Обессиленный в неравной схватке, хищник наконец выронил добычу. Одна из галок, отделившись от стаи, схватила рыбку и метнулась с нею в сторону леса, предательски покинув подруг. Однако коршун не ушел с поля боя. Он сделал второй «заход» и вновь стрелой метнулся к воде, вытащив вторую

рыбку. Но опять ему не удалось воспользоваться добычей. Отбиваясь от ворон и галок, он выпустил рыбу, и на лету, у самой воды, ее подхватила галка. Отобрали нападающие вороны и третью извлеченную из озера рыбу. И лишь после этого коршун изменил тактику и перехитрил грабителей. Схватив четвертую рыбку, он не поднялся с ней в поднебесье, а пошел низко над водой и, давясь, на лету проглатывал добычу. Стая опять кинулась за ним, но на этот раз его клюв был свободен. Высоко поднявшись в воздух, коршун совершил крутой вираж и сам стремительно спланировал на ворон и галок. Посыпались перья, поднялся страшный крик и стая бросилась наутек.

Один из местных краеведов нам пояснил: на поверхность озера часто всплывает мертвая или заболевшая рыба. Ею питаются обитающие в районе Ломпади черные коршуны. Вылавливая мертвую и большую рыбу, они очищают водоем. Что же касается ворон и галок, то они не любители соприкасаться с холодной водой и предпочитают отнимать уже готовую добычу у «рыболовов», пользуясь своим численным превосходством.

В. Г. А к с е н о в
Калуга

ОПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В. С. Файн

Кандидат технических наук

Институт проблем передачи информации АН СССР (Москва)

ПОЧЕМУ ЭТА ЗАДАЧА ВАЖНА, ИНТЕРЕСНА И СЛОЖНА?

Известно, каким образом происходит наше общение с внешним миром: органы чувств анализируют окружающую обстановку и порождают (а также в какой-то степени перерабатывают) сигналы, направляемые в мозг. Основная переработка сигналов («препарирование», по выражению акад. А. А. Харкевича) происходит в мозгу, а затем выделенная «квинтэссенция» принятой информации обсуждается, иногда сознательно, иногда бессознательно, мозгом, и принимается решение: как реагировать на полученные сведения.

Это и есть процесс опознавания образов. Если речь идет о работе органов зрительного восприятия, то значит имеет место опознавание изображений. Опознавать нужно правильно — это жизненно важно для любого живого существа. Ведь все наше существование протекает в непрерывном контакте с окружающим миром, следовательно, наше поведение определяется им все время, без каких-либо исключений.

Поведение организма в его взаимодействии с внешним миром должно быть наилучшим для его жизнедеятельности, продолжения рода, наконец созидательной и творческой деятельности, если речь идет о человеке; говорят еще для краткости, что поведение должно быть «целесообразным».

Но поведение определяется решениями, принятыми после анализа сведений об окружающей обстановке; а решения — это уже сфера опознавания образов. Значит, все поведение организма основывается на опознавании.

Таким образом, процесс опознавания участвует определяющим образом буквально в каждом акте взаимодействия организма с окружающим миром. Поэтому важность процессов опознавания в живой природе не требует дальнейшего обсуждения. А вот почему важно строить машины-автоматы для опознавания образов и почему специальный интерес представляют автоматы для опознавания изображений — эти вопросы еще нужно выяснить.

Ясно, конечно, что наука всегда заинтересована в том, чтобы воспроизвести на технической основе — моделировать — какую-либо функцию живого организма, тем более психическую. Но потребность в опознающих автоматах порождена не только этим. Кибернетические машины становятся нужными практике во всех случаях, когда человек не может обеспечить необходимой скорости, или точности, или объема переработки информации, а таких задач становится очень много. Бывают ситуации, когда человек просто не может находиться там, где требуется решить некоторую задачу, и связь с ним невозможна. Здесь тоже применяют машины, и таких задач тоже становится все больше.

Вот ряд примеров: ввод данных в вычислительную машину с голоса или с рукописи; диагностирование болезни; определение глубины залегания полезного геологического слоя; самонаведение беспилотных аппаратов; астронавигация; почтовая сортирующая машина и т. д.

Зрительный канал получения информации особенно важен для человека: он доставляет наибольшее количество информации об окружающем мире. Это объясняется тем, что человека (и имитирующий его автомат) окружает в реальной обстановке такое количество объектов, явлений, факторов, процессов, что получить всю необходимую для целесообразного поведения информацию по каналу с меньшей пропускной способностью, чем оптический, было бы невозможно. Количество информации, доставляемой зрительно, превосходит не меньше чем в тысячу раз количество информации, получаемой остальными органами чувств. Ввиду такой большой пропускной способности зрительного канала люди всегда стремятся большинство источников информации другой физической природы также преобразовать в видимую форму. Мы имеем в виду не только очевидные примеры, как радиолокационные индикаторы, но и все шкалы, лимбы, циферблаты, наконец постоянное стремление представить результаты самых разнородных экспериментов в виде графиков. Многие факты и явления непонятны для нас, пока мы не придадим им наглядную форму.

Однако такое огромное количество информации мало воспринять, его нужно переработать и на него нужно успеть отреагировать настолько быстро, чтобы не быть захлестнутым непрерывным потоком вновь поступающей информации.

Вот почему моделирование зрительного опознавания машинами столь же сложно и интересно, сколь и важно; известно ведь, что сложность и интересность задачи обычно пропорциональны.

ОСОБЕННОСТИ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

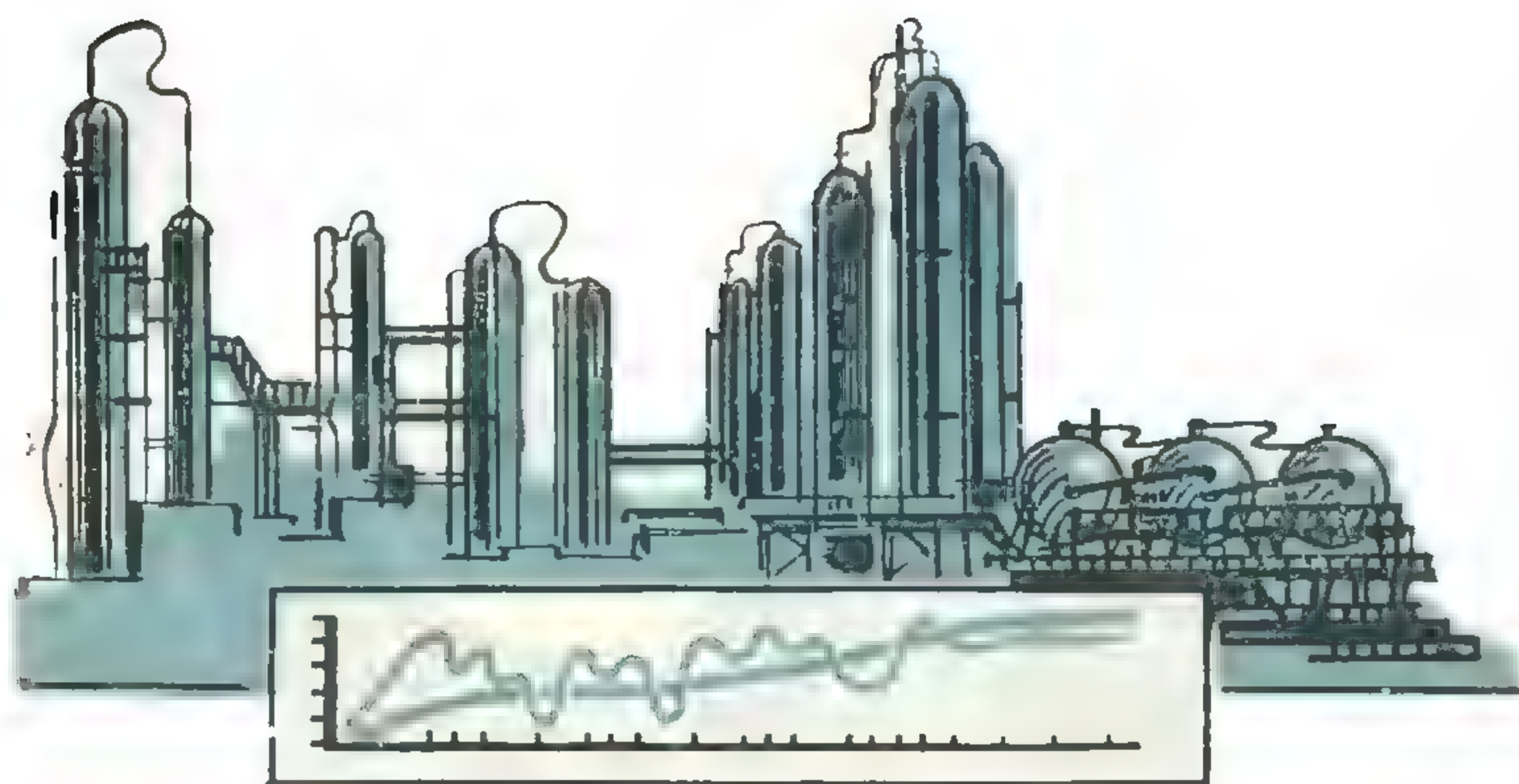
Не только количество объектов, составляющих весь окружающий нас мир, но даже количество объектов, относимых нами к одному классу (называемых одним понятием), так безгранично велико, что без большой натяжки может считаться бесконечным. Смело можно, например, считать бесконечным



Танкетка-робот на другой планете — пример случая, когда опознающая машина нужна потому, что человек не может находиться там, где требуется производить распознавание, и связь с ним невозможна

множество всех объектов «яблоко», множество всех написанных или произнесенных «а» и т. д. Но мы сталкиваемся с бесконечностью, даже если имеем в виду зрительное восприятие одного единственного конкретного предмета: ведь он может занимать относительно глаза любое положение, а таких положений бесконечно много, теперь уже в строгом смысле. Легко найти в обсуждаемой ситуации и еще одну бесконечность: пусть рассматриваемый объект внутренне подвижен — пусть, например, это живое существо, способное двигать частями тела. Ясно, что количество взаимных положений частей тела бесконечно.

Но ведь каждое такое положение создает свое изображение на сетчатке глаза или светочувствительном устройстве (рецепторе) опознающего автомата; значит, и количество изображений, которые автомат должен отнести к одному и тому же, а не к другому классу, минимум «трижды» бесконечно. Вот в какую сложную ситуацию оказывает-



Оценка результатов многих сложных процессов, например большого химического производства, значительно упрощается, если этим результатам придается наглядная форма

ся ввергнутым опознающий автомат, живой или искусственный; а ведь он обязан опознавать правильно! С другой стороны, собственное успешное существование и функционирование убеждает нас в том, что по крайней мере природа с этой задачей справилась; значит, ее может решить и наука. Это очень важно знать: не всегда бывает заранее известно, что поставленная задача даже в принципе разрешима.

Итак, автомат противостоит бесконечности проявлений (или, как говорят, реализаций) объектов внешнего мира. Как вообще автомат может «справиться» с этой бесконечностью? Иначе говоря, что нужно предположить о свойствах участников этой «игры» — автомата и окружающего мира (исход игры определяется ведь свойствами обеих сторон), — чтобы оказались возможными успешные действия автомата?

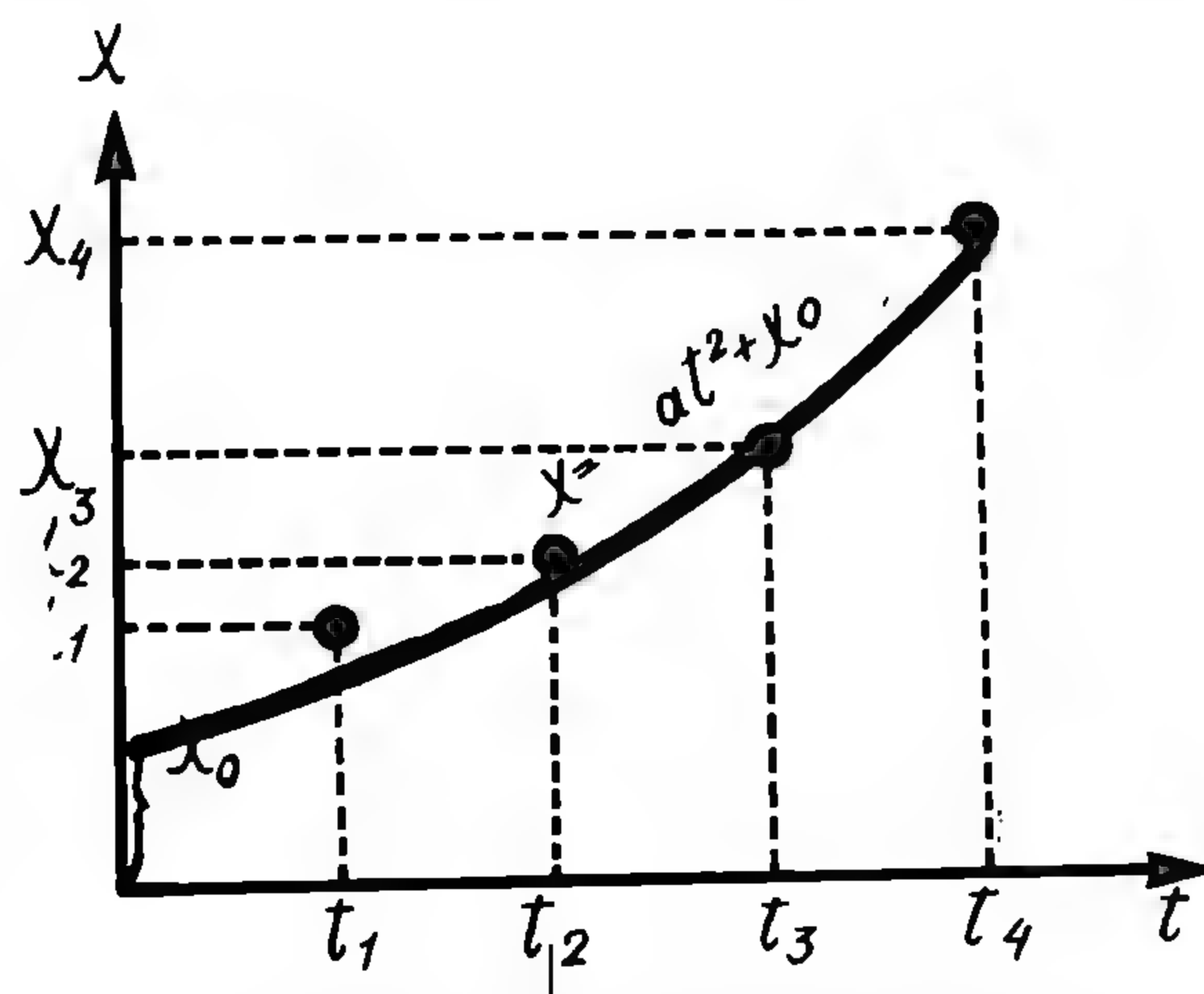
Начнем со свойств автомата. Предположим самое простое: автомат просто запоминает каждую предъявляемую реализацию объектов данного класса и всех других нужных классов. Сразу ясно: предположение нереальное. Во-первых, такой автомат никогда не научится опознавать: чтобы правильно опознавать все возможные реализации класса, он должен предварительно все их увидеть и запомнить, а ведь их бесконечное множество. Во-вторых, для запоминания всех реализаций автомату потребуется память бесконечной емкости, а такой памяти не может быть в природе. Даже память человека, как она ни грандиозна, принципиально ограничена, конечна. Впрочем, этот вариант вызывает и чисто эстетическое отвращение. Слишком тупо и «безыдейно»

расходовался бы в нем такой чудесный и гибкий аппарат, как память. Значит, реальными будут только такие теории и построения, которые считаются с неизбежным фактом конечности памяти любого (и живого) автомата.

Итак, игра опознающего автомата с окружающим миром выглядит теперь как неравный бой: против бесконечного арсенала «происков» окружающего мира автомат обладает лишь конечным, ограниченным набором средств, и нет возможности сделать этот набор бесконечным. И если, несмотря на это, природа с помощью эволюции добилась того, что автоматы в этом бою побеждают, значит не все ладно в «бесконечности» зрительно воспринимаемого окружения, значит есть что-то, что ее сковывает, не дает произвольно оперировать против автомата безграничными ее ресурсами. Иначе говоря, упомянутая бесконечность не хаотична; она скована какими-то закономерностями, и жесткость этих оков такова, что ослабленная бесконечность оказывается не сильнее автомата с конечными средствами.

Теперь ясна главная задача теории опознавания изображений: нужно выявить эти закономерности; только автомат, снабженный знанием их, сможет опознавать успешно.

Чтобы пролить некоторый свет на природу искомых закономерностей, обратимся к примеру. Пусть нас интересует некоторый химический процесс, и мы ставим целью выяснить, как зависит количество x выход-



Аппроксимирующая кривая должна проходить через экспериментальные точки или хотя бы как можно ближе к ним. При этом она должна иметь простое уравнение

ного продукта от температуры раствора t . Для наглядности мы будем эти опыты отображать на графике, откладывая по оси абсцисс t , а по оси ординат x . Проведя 3—4 эксперимента при разных значениях t мы получим 3—4 отдельные точки на графике. И вот теперь возникает задача установить по этим нескольким точкам, какова связывающая x и t закономерность. Обычно делают это так. Стараются провести на графике такую кривую, чтобы она удовлетворяла двум требованиям: во-первых, она должна пройти через экспериментальные точки или хотя бы как можно ближе к ним, и, во-вторых, она должна иметь как можно более простое математическое выражение (уравнение). Если такую кривую удастся найти, то ее уравнение и является математическим выражением искомой закономерности. В самом деле, теперь для установления количества x для любой произвольной (в определенных границах) температуры уже не нужно делать опыт; достаточно просто подставить в уравнение нужную величину t и подсчитать x .

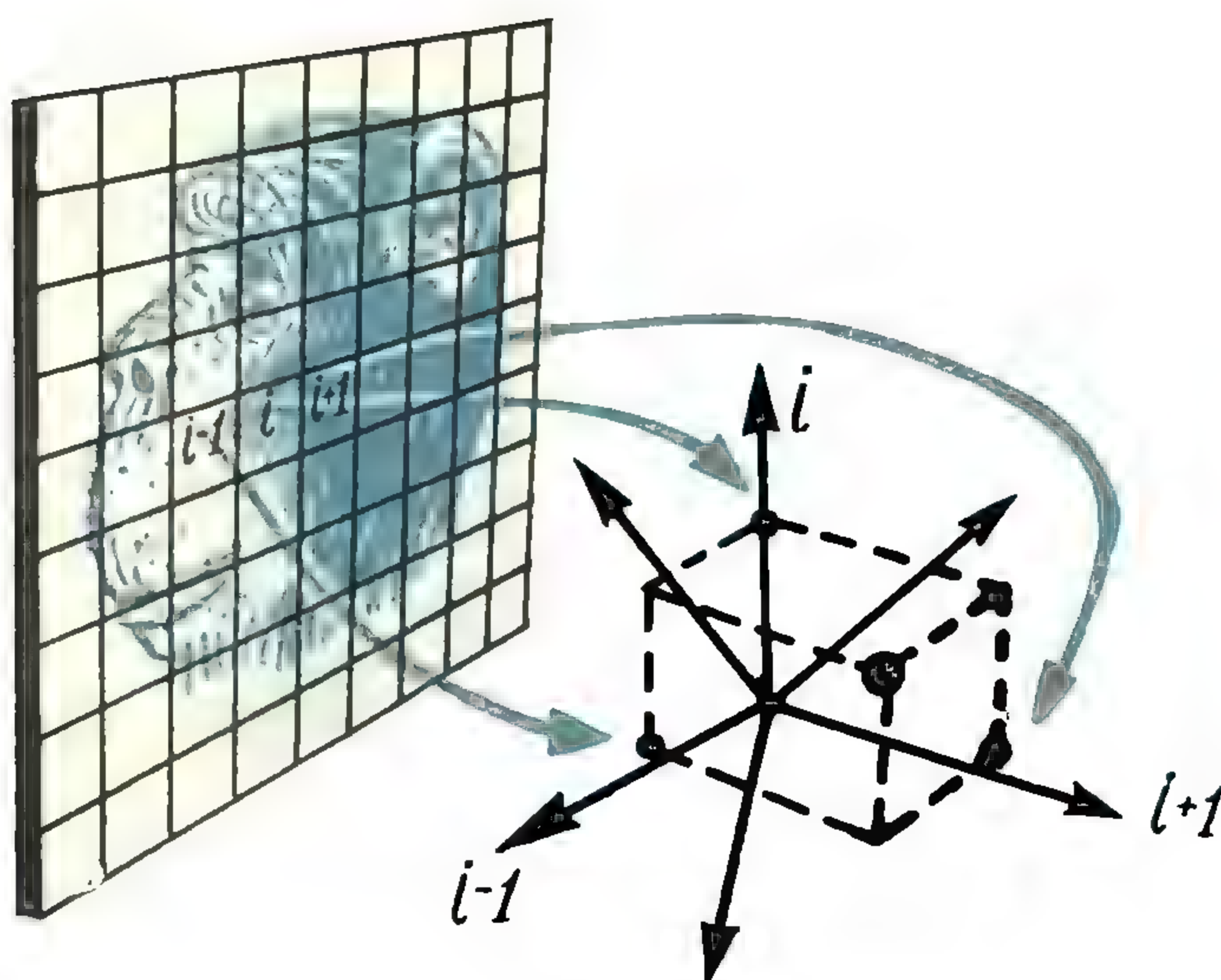
Но операция проведения подходящей непрерывной кривой через ряд отдельных точек носит название аппроксимации и давно изучается в математике.

Таким образом, в примере задача отыскания закономерности в сущности вылилась в задачу аппроксимации плоской кривой по отдельным ее точкам. Для рассмотренного примера плоского графика математика располагает большим выбором разного рода кривых и удобных рецептов их построения.

Но здесь еще не все ясно. Не выяснен вопрос: всякий ли процесс можно описать такой кривой, или иначе, всегда ли закономерность, содержащаяся в процессе, описывается таким простым способом.

Не всегда, конечно. Только в тех случаях, когда процессу присущи некоторые определенные свойства, становится возможным это заманчивое по простоте описание его. Эти свойства в нашем простом примере подметить нетрудно.

Нужно, во-первых, чтобы для каждого значения t при прочих неизменных условиях было возможно лишь одно значение x , а не множество разных значений. Только при этом условии точки могут выстраиваться в одну линию, и на графике не образуется площадей, сплошь заполненных точками. Нужно, во-вторых, чтобы незначительное

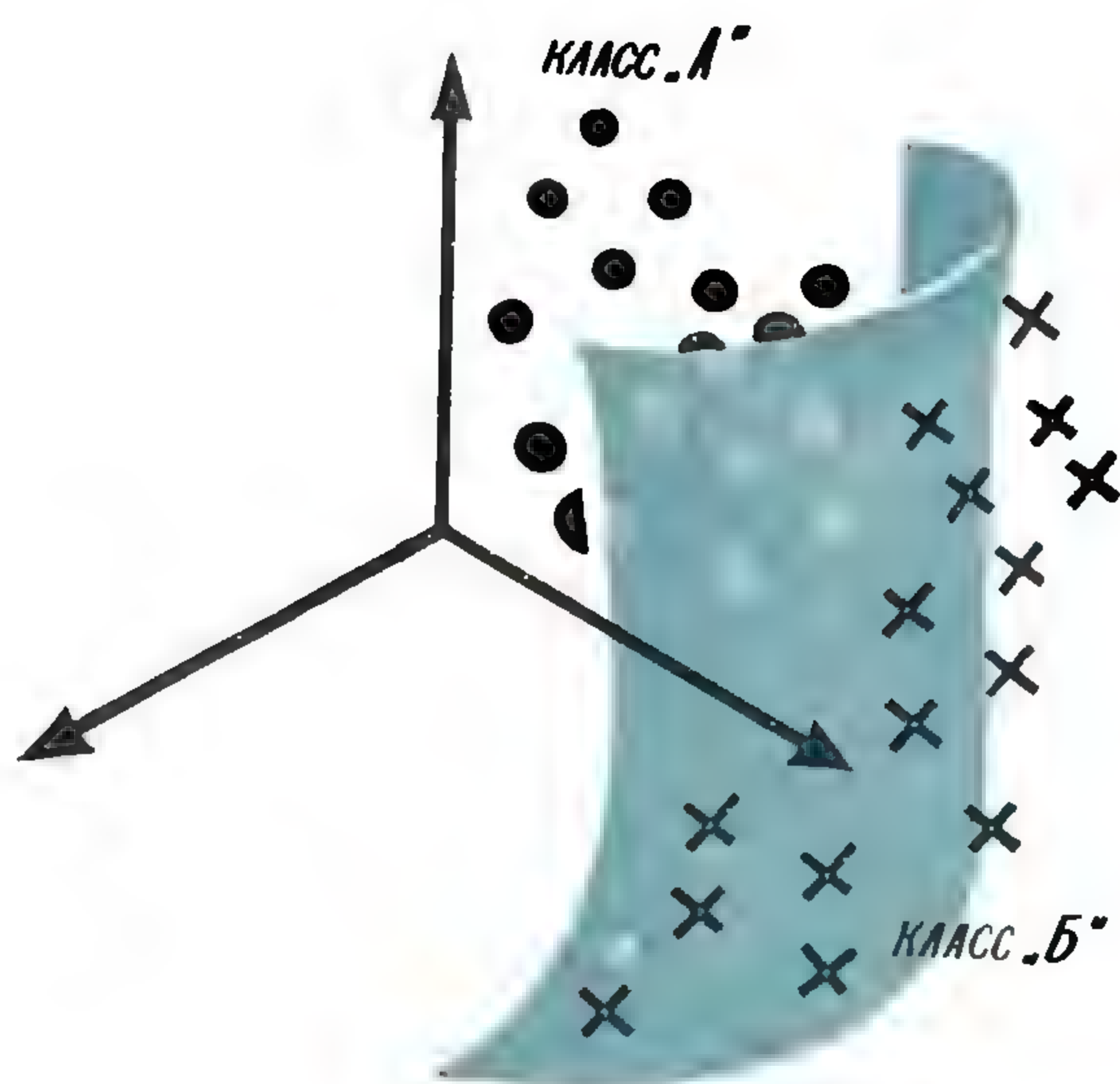


Представить изображение в виде точки в многомерном пространстве можно так. Изображение делится на много мелких ячеек и степень зачерненности внутри каждой ячейки, выраженная некоторым числом, откладывается на координатной оси, соответствующей каждой ячейке. Количество этих осей (а значит, и количество ячеек) определяет «размерность» пространства. Если бы изображение состояло всего из трех ячеек, например N_{i-1} , N_i и N_{i+1} , то получилось бы обычное трехмерное пространство; построение точки в нем известно каждому. В действительности размерность пространства, конечно, много больше, например $0,5 \cdot 10^6$, как в телевидении. Вообразить такое пространство нельзя, но оперировать в нем математически можно

изменение температуры не вызывало слишком резких изменений количества выходного продукта, причем меньшему изменению t должно соответствовать меньшее изменение x . Это свойство называется непрерывностью зависимости x от t . Только для процессов, обладающих обоими этими свойствами, точки на графике действительно выстраиваются в линии, которые удобно аппроксимировать. К счастью, такие процессы очень распространены.

Теперь вернемся к опознаванию изображений, так как безусловно назрел вопрос о том, какое отношение к этой теме имеет рассмотренный пример.

Суть дела в том, что в математике имеется способ представить каждое изображение в виде точки в некотором пространстве, совершенно так же, как результат каждого опыта с некоторым химическим процессом — в виде точки на плоскости (в плоскости имеются две координаты, и поэтому ее можно назвать двумерным пространством). Правда,



Проведение поверхностей между классами приводит к разделению пространства на «объемные» части

пространство, в котором изображения представляются точками, много сложнее, чем плоскость и даже чем окружающее нас трехмерное пространство; но уже сама возможность оперировать вместо изображений точками чрезвычайно плодотворна. Среди многих достоинств такого подхода имеется и возможность упростить рассуждения о сложной задаче с изображениями, используя при отыскании закономерностей аналогию между множествами точек, порожденных изображениями в сложном пространстве, и множеством точек в простейшем пространстве (на плоскости), порожденных результатами каких-то экспериментов, как в рассмотренном примере.

Вот здесь уже можно указать на то интересное и своеобразное, что отличает задачу опознавания изображений от других задач опознавания.

Удалось установить, что множество изображений одного и того же объекта порождает в пространстве такое множество точек, которое обладает свойствами, аналогичными обоим вышеуказанным свойствам и, значит, образует в пространстве некое подобие семейства гладких тончайших линий.

Это — вывод большой важности. Он показывает, что задача опознавания изображений может решаться иначе, чем другие задачи опознавания. Действительно, обычный способ состоит в том, что с помощью некоторых поверхностей про-

странство рассекают на части, стараясь, чтобы в каждой из частей оказались точки, относящиеся лишь к одному какому-то классу, образу, понятию. Но поверхности (например, плоскости) делят пространство на куски, являющиеся, образно выражаясь, «объемными телами».

Если при опознавании изображений мы начнем действовать этим способом, то получится, что «полезные» точки, действительно относящиеся к данному классу изображений, сосредоточены, как нам теперь известно, только в тончайших нитях, как-то проходящих внутри объема, а все остальные точки объема — ложные, паразитные. Как бы мы ни старались, какие бы тоненькие «чулочки» ни создавали при помощи поверхностей вдоль наших нитей, всегда внутри этих «чулочков» ложных точек будет неизмеримо больше, чем истинных: соотношение здесь такое, как между количествами точек в объеме и в линии. Есть, правда, случай, когда линии, отображающие в пространстве класс изображений, имеют не нулевую толщину, а в какой-то степени утолщаются, приобретая вид своего рода «колбасок». Это бывает, когда изображения подвержены помехам, как говорят, шумового характера. Но и в этом случае часто оказывается целесообразным сначала аппроксимировать ось «колбаски», а потом заняться «раздувшей» ее помехой.

Значит, к опознаванию изображений нужно подходить по-новому, понимая, что «не объемами» следует представлять множества порожденных изображениями точек, а такими функциями, «графики» которых в пространстве представляют собой семейства линий. Уравнения этих функций и выражают закономерности в множествах порожденных изображениями точек, а значит, и в множестве самих изображений.

Так вот как оказывается побежденной бесконечность: непрерывную кривую, содержащую бесконечное множество точек, мы можем записать и внести в память с помощью лишь нескольких букв, цифр и символов, составляющих ее уравнение.

Конечно, этот поразительный эффект оказывается возможным только благодаря наличию в бесконечном множестве изображений внутренней организованности, частично выражаемой упомянутыми двумя свойствами.

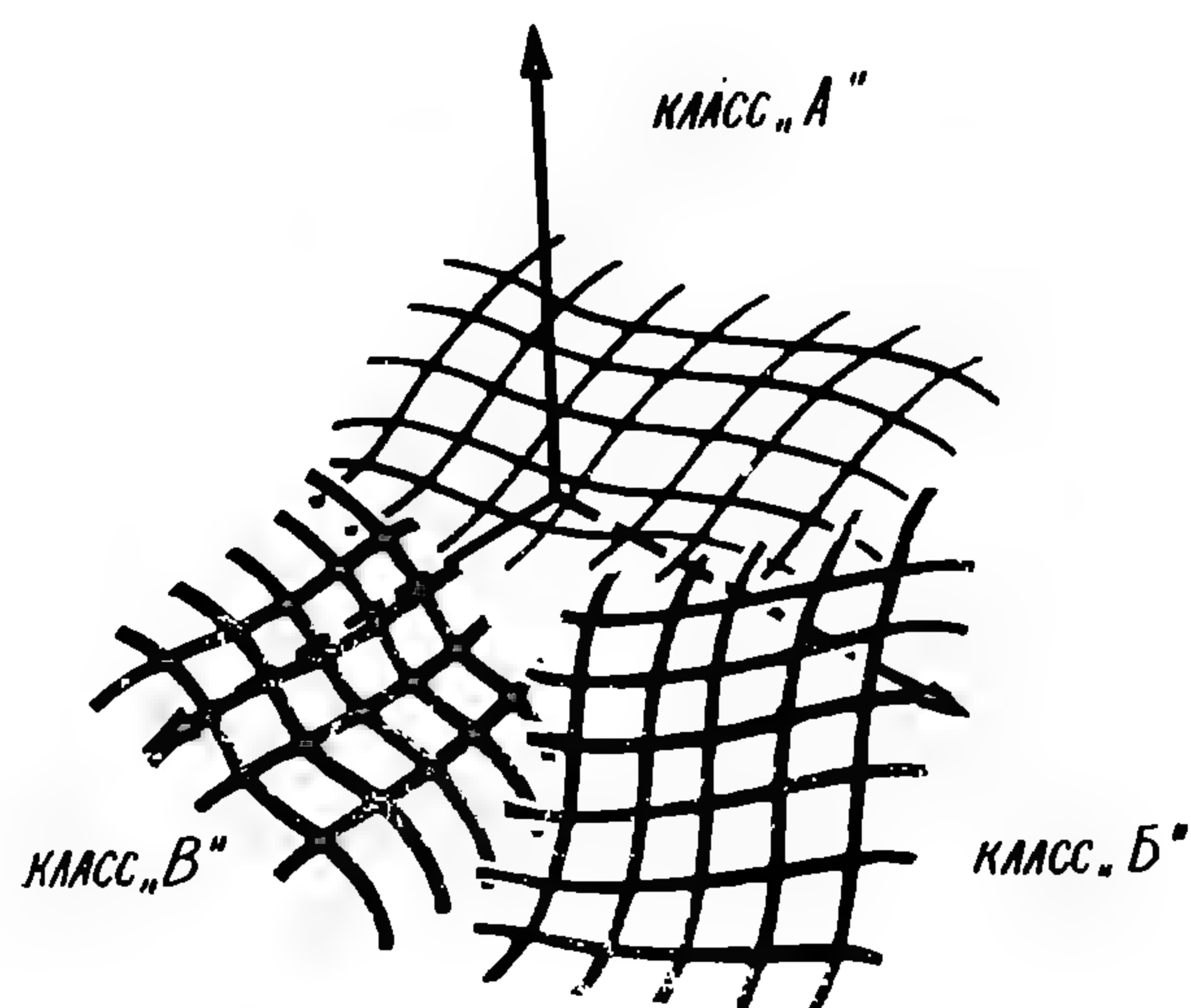
Опознавание при этом должно происходить, очевидно, так. Вновь предъявленное изображение представляется математическим

устройством автомата в виде точки в пространстве. Затем поочередно или одновременно с помощью содержащихся в памяти уравнений воспроизводятся те или иные точки из «известных» автомату семейств линий, и выясняется, к какому из этих семейств новая точка принадлежит или, по крайней мере, достаточно близка. Если такое семейство найдено, то тем самым задача решена, так как каждое уравнение в памяти сопровождается названием соответствующего объекта. Если же точка не близка достаточно ни к одной из линий, то это значит, что автомату предъявлено изображение «неизвестного» ему объекта, о чем он и сигнализирует.

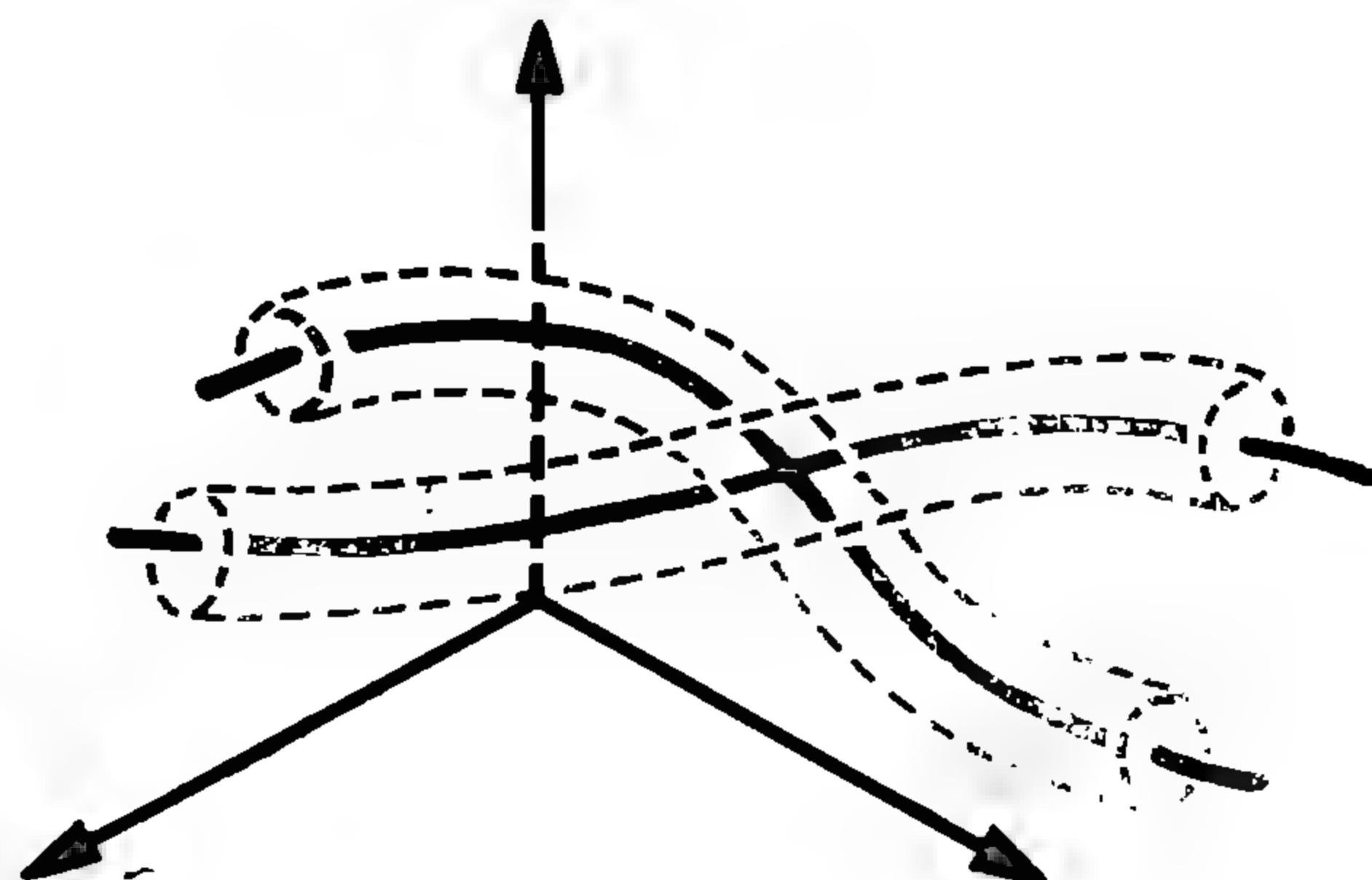
Разумеется, это может еще не дать решения задачи опознавания в полном объеме; часто требуется дополнительная логическая обработка. Так, например, название «настольная лампа» могут иметь совершенно различные по внешнему виду предметы, а автомат должен высказаться о них одинаково.

Однако рассмотренный нами процесс непосредственного «видения» всегда лежит в основе любых дальнейших логических построений и потому представляет центральный интерес.

Сейчас уже сделаны некоторые шаги в деле отыскания математического аппарата для аппроксимации упомянутых семейств линий. Этот аппарат дается теорией непрерывных преобразований. Разработка этих вопросов ведется в Институте проблем передачи информации Академии наук СССР.



Точки, действительно относящиеся к классам изображений без шумов, сосредоточены в семействах тончайших «нитей» в пространстве



Утолщение нитей связано с появлением на изображениях помехи шумового характера

ЧТО ЭТО ДАСТ ПРАКТИКЕ

Сначала нужно сказать, что уже сделано на практике и чего пока сделать не удалось. Ясно, что в первую очередь удастся решить легкие задачи. В опознавании изображений есть два вида таких задач. В одном случае требуется опознавать изображения, всегда более или менее одинаковые, например буквы одного и того же типографского или машинописного шрифта. В этом случае опознавать очень легко: достаточно просто сравнить (например, путем наложения) вновь воспринятую букву с каждым из эталонных изображений букв, составляющих алфавит.

В другом случае речь идет о таких изображениях, для опознавания которых легко придумать признаки. Например, для распознавания в смеси треугольников и четырехугольников отдельных фигур нельзя воспользоваться эталонами, так как разные треугольники не совпадут, если их наложить друг на друга. Но задача решается простейшим образом, если применить один признак: количество вершин (или сторон) в предъявленной фигуре.

Надо сказать, впрочем, что и само придумывание признаков, даже если оно и удастся, не дает исследователям полного удовлетворения. Ведь в этом случае обычно остается неосознанным, как именно и почему «придумались» признаки, и неизвестно, нельзя ли придумать признаки получше.

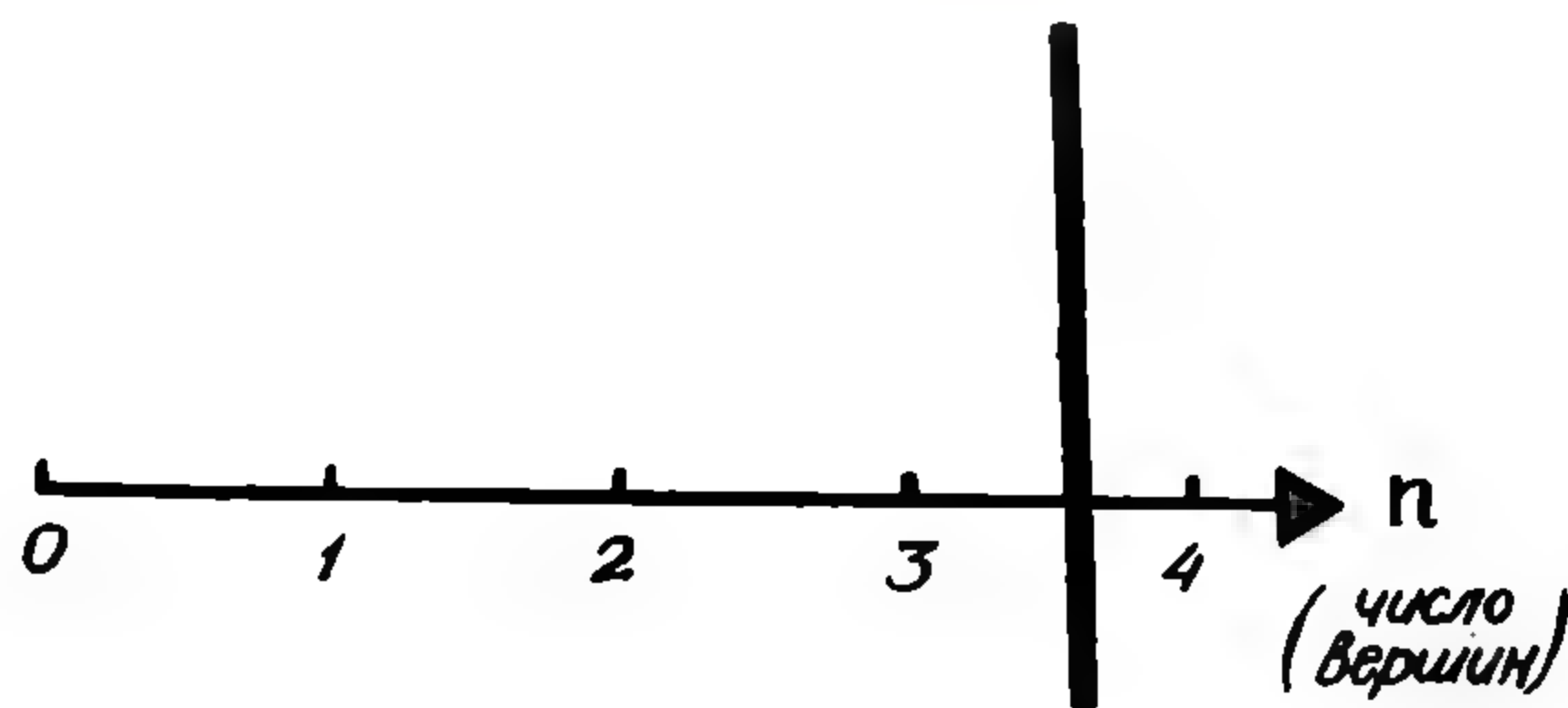
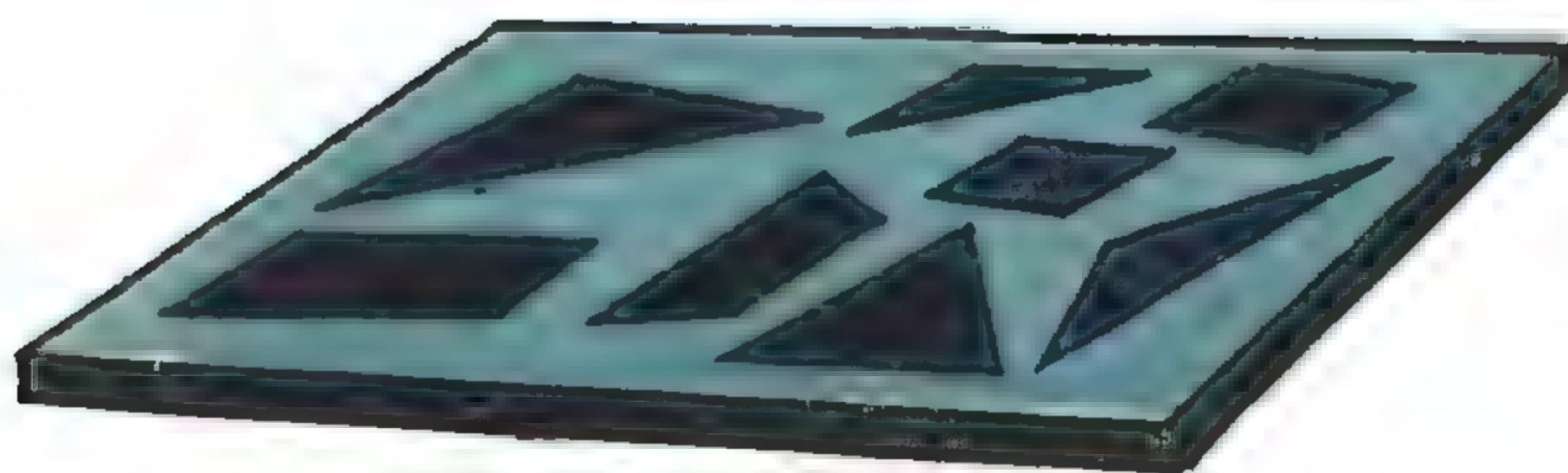
Эта ситуация отражается, конечно, и в практических разработках. Созданы «читающие машины» для типографских и машинописных шрифтов, успешно осуществляются



Распознать буквы стандартного шрифта можно путем сравнения вновь воспринятой буквы с каждым из эталонов

эксперименты по опознаванию простых геометрических фигур; благодаря удачно выбранным признакам удалось реализовать даже распознавание рукописных цифр.

Но в большинстве задач опознавания изображений положение сложнее. Как быть, например, с изображениями, которые не остаются неизменными, и у которых, с другой стороны, не удастся найти подходящих признаков для распознавания? Как, например, описать с помощью признаков различие между лицами двух мужчин «без особых примет» и отличие этих лиц от всех остальных?



Треугольники и четырехугольники легко распознаются по одному признаку — числу вершин

А ведь мы без труда отличаем знакомое лицо от любого числа других! Ясно, что необходимы такие методы опознавания, которые не требовали бы неизменности предъявляемых изображений и не основывались бы всецело на выдумывании признаков. Ряд появившихся в последнее время исследований посвящен поиску таких методов; к этой же цели направлены и работы, о которых рассказывалось здесь.

В свете этих исследований нет надобности в неизменности изображений: физическая сущность описанной выше аппроксимации как раз и состоит в прослеживании возникающих изменений. Утрачивает актуальность и вопрос о придумывании признаков: в целом ряде задач

естественно удастся трактовать в качестве признаков некоторые переменные в уравнениях аппроксимации, подходя к делу совершенно механически.

Результаты этих исследований должны сильно расширить круг решаемых на практике задач опознавания изображений.

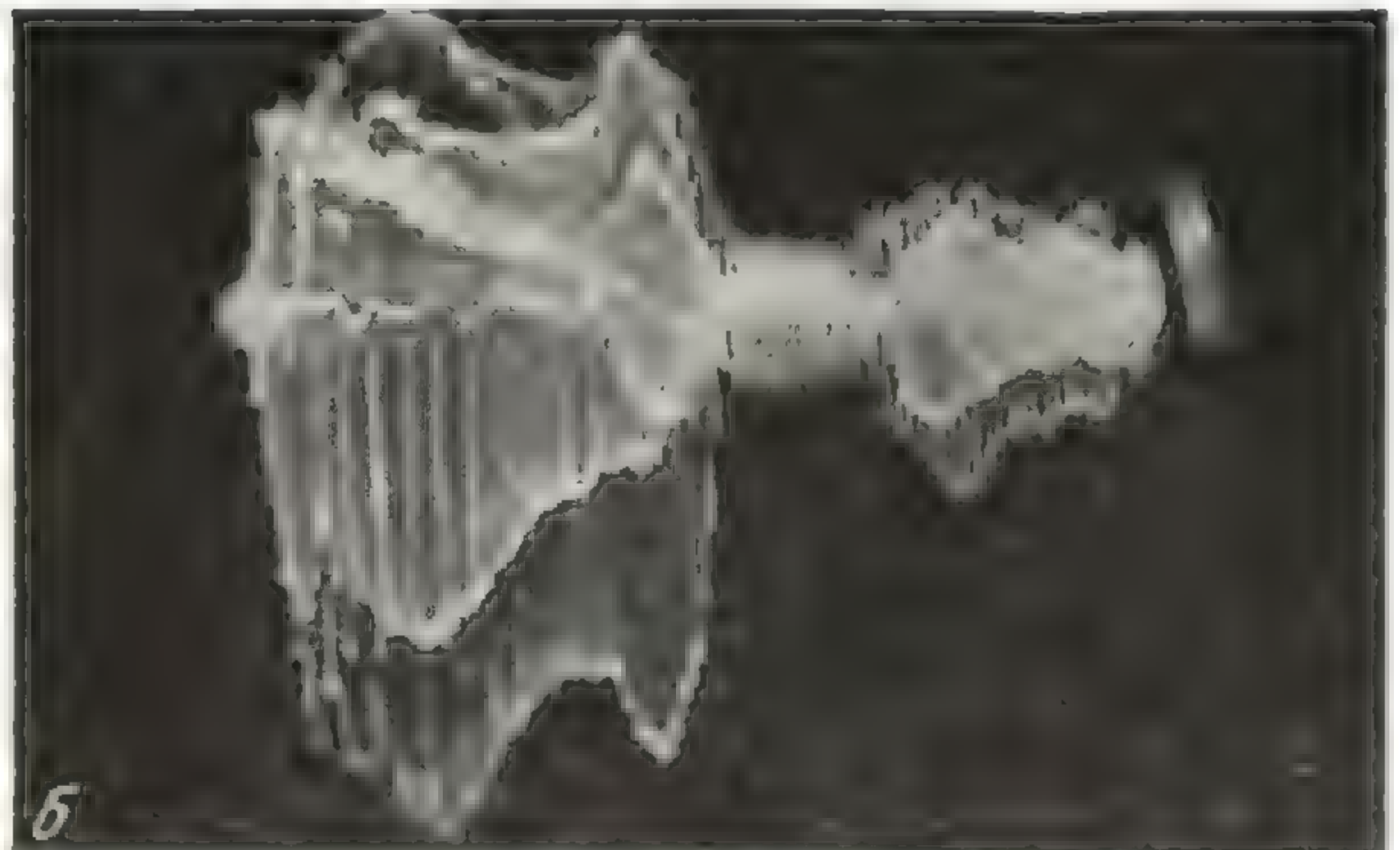
Большой интерес представляет, в частности, не поддававшаяся пока задача распознавания внутренне динамичных изображений, т. е. изображений объектов, содержащих взаимно перемещающиеся части, например, изображений живых существ. В Институте проблем передачи информации АН СССР ведется, в частности, разработка алгоритма для опознавания человеческих лиц независимо от ракурса и мимики.

И вот еще одно интересное и неожиданное обстоятельство. Методами опознавания изображений сейчас пробуют решать некоторые задачи, не имеющие отношения к изображениям и некоторые задачи с изображениями, не имеющие отношения к опознаванию.

Ярким примером задачи первого рода являются опознавание звуков речи. Это очень трудно осуществить именно из-за малой наглядности: осциллограмма речевого сигнала



Разрабатывается метод опознавания человеческих лиц независимо от ракурса и мимики



Это осциллограммы звуков речи: *а* и *б* относятся к двукратному произнесению одним и тем же человеком одного и того же слога, *в* и *г* — к двукратному произнесению другим человеком другого слога



А вот «видимая речь»: *а* и *б* относятся к произнесению одного и того же слога разными людьми; *в* и *г* — к произнесению другого слога также разными людьми

имеет совершенно хаотичный и неудобоваримый вид; отыскать в ней что-либо устойчивое, повторяющееся, удастся лишь с большим трудом.

С другой стороны, известно (и довольно давно), что есть возможность при помощи специального прибора (спектрографа) изобразить речевой сигнал на плоскости так, чтобы время и частота были координатами, а сила звука выражалась бы степенью зачерненности в данной точке. Получающиеся картинки выглядят гораздо более упорядоченно, чем исходные осциллограммы, и, как выяснилось, люди довольно легко выучиваются опознавать по этим картинкам породившие их слова («читать видимую речь»). Но не все то, что легко людям, легко машинам. С «точки зрения» машин переход к видимой речи означал лишь перенос трудностей с одного места в другое. Картинки оказались внутренне динамичными изображе-

ниями, опознавание которых само по себе было проблемой. Как уже было сказано, последние исследования проливают свет на возможное решение этой проблемы, а значит, и на опознавание звуков речи. Работа этого направления также ведется в Институте проблем передачи информации АН СССР.

* * *

Рассказанное не исчерпывает, конечно, всех сторон задачи опознавания изображений и путей ее практического приложения. Но хочется думать, что изложенного здесь достаточно для того, чтобы увидеть своеобразие и самобытность затронутых аспектов этой проблемы и понять, почему опознавание изображений — это одна из сложнейших и интереснейших проблем современной технической кибернетики.

УДК 519.95



Н. М. Амосов

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЫШЛЕНИЯ И ПСИХИКИ

Изд-во «Наукова Думка», 1965.
303 стр., ц. 38 коп.

До недавнего времени автора этой книги многие знали лишь как выдающегося хирурга, работы которого отмечены Ленинской премией. Повестью «Мысли и сердце» и научно-фантастическим романом «Записки из будущего» Н. М. Амосов зарекомендовал себя незаурядным литератором. Его художественные произведения своей искренностью, личностью и остротой обсуждаемых этических проблем завоевали широкую популярность. Но внимательный читатель без труда заметит, что ученый-хирург избрал художественную форму не только для показа, скажем, внутреннего мира больного и переживаний врача. Сквозь художественную ткань, высказывания своих героев и их дневники, он стремится довести до читателя свои идеи о путях развития науки, в особенности о ее революционных кибернетических методах, позволяющих по-

новому подойти к привычным представлениям.

В своей вышедшей недавно на Украине книжке чл.-корр. АМН СССР Н. М. Амосов, возглавляющий ныне в Институте кибернетики АН УССР отдел биокибернетики, в достаточно популярной форме излагает эти же идеи в более завершенном, научно обоснованном виде. Можно ли создать модель, воспроизводящую основные функции такой сложной системы как мозг? На пути к созданию таких искусственно действующих систем стоят значительные препятствия. Прежде всего, — это ограниченность наших знаний о структуре и функции мозга, состоящего из миллиарда элементов и во много раз большего числа связей между ними. «У науки есть другой путь, — пишет автор, — изучать поведение человека как целостной системы и моделировать его элементами техники, даже не пытаясь соблюсти анатомическое или физиологическое подобие составным частям мозга». Он надеется, что при содействующей разработке методики исследований, программ для обработки цифрового материала и при помощи современных слож-

ных технических устройств появится реальная возможность объективного изучения психики человека. Вырисовывается даже новое научное направление — «кибернетическая» психология. Но чтобы приступить к созданию этого научного направления, необходима какая-то гипотеза о механизмах или программах поведения человека.

В новой книге Н. М. Амосов и делает попытку, как он выражается, «изложить проект подобной гипотезы», подробно излагая свои предположения о механизмах мышления и психики человека. Вполне возможно допустить упрощение, если попытаться сжато (в одном или двух абзацах) изложить содержание этих «многоэтажных» программ. Мы надеемся, что читатель ознакомится с ними в книге.

Несомненно большой интерес представляет мнение об этом новом, но отнюдь не бесспорном, труде биологов, физиологов, психологов, психиатров — всех естественных испытателей, интересующихся проблемами мышления и психики. Книга снабжена большим числом наглядных схем, помогающих освоить текст.

П Р И Р О Д А ДРЕВНЕЙ НЕФТИ

Член-корреспондент АН СССР А. Г. Вологдин

Одна из важнейших основ современного прогресса — нефть — известна издавна. Несмотря на более чем вековое ее изучение, вокруг этого интереснейшего природного вещества до сих пор не затухают научные споры. Нефти и связанным с нею проблемам посвящена огромная научная литература. О ней писали и пишут геологи, разведчики нефти, химики, экспериментаторы. В последнее время получены новые интересные материалы, позволяющие по-новому взглянуть на некоторые вопросы, связанные с нефтью.

Нефть — «кровь» экономики многих стран, поэтому так неудержимо растет спрос на это ископаемое во всем мире. Во всех капиталистических странах теперь ежегодно добывается около 750—800 млн. т нефти. А в нашей стране, располагающей целым рядом разнотипных нефтегазовых месторождений и обладающей наибольшими потенциальными запасами этих ископаемых, общая добыча нефти за год уже превысила 240 млн. т. К 1970 г. у нас будут получать до 390 млн. т нефти.

О природе нефти до сих пор высказаны и высказываются различные мнения, в числе которых господствуют представления об ее органическом происхождении, в чем не сомневался уже и М. В. Ломоносов. Еще в 1757—1759 гг. им выделялась группа «жирных минералов» в составе «серы горючей, каменного угля, янтаря, нефти, горной смолы и каменного масла»¹. Он полагал, что в недрах земных происходили пожары, превратившие растительное вещество в угли и способствовавшие возгону бурой и черной «масляной материи». Ему уже было известно, что перегонка таких «жирных материй при крутом огне приводит к выходу черного и густого масла», а «от легкого огня выходит оно светло и прозрачно».

¹ М. В. Ломоносов. О слоях земных, Госгеолиздат. 1949, стр. 39, 85.

Между тем настоящее изучение нефти началось много позднее. Ныне ее происхождение уже не столь загадочно, но все же многие вопросы еще не решены. До сих пор есть сторонники предположения о ее химическом происхождении. Если собрать воедино все, что сказано учеными о происхождении нефти, то получится серия толстых томов, притом с выводами авторов, часто противоречащими друг другу. Почему же это происходит?

НЕФТЬ — ПОДВИЖНОЕ ИСКОПАЕМОЕ

В недрах Земли нефть перемещается (мигрирует) от одного ее местонахождения к другому в сопровождении горючего газа. Образованные таким образом нефтегазовые месторождения геологи иногда открывают неожиданно, даже вопреки представлениям некоторых ученых. Трудности в открытии нефти в новых районах местами продолжают и до сих пор, хотя общее геологическое изучение нашей территории движется быстрыми темпами. Надо сказать, что нефте-разведчики, осваивающие уже выявленные перспективные районы, находятся в более выгодном положении, по сравнению с геологами, берущими на себя смелость выделять такие районы. Когда разведуют недра, пользуются известными признаками: выявленные вторичные скопления нефти в тре-

щинах пород, существование в недрах куполовидных или близких к куполу складок осадочных образований, предположение о существовании пористых и трещиноватых пород, в которых нефть и газ могут залежать, вытесняя воду. Если все условия налицо, то вопрос об открытии месторождения решается уже бурением. Для местной концентрации нефти в недрах нужны лишь литологические ловушки разных типов, предварительно находимые литологами по типовым опорным разрезам соответствующих осадочных толщ.

Геологам и разведчикам, ставящим перед собой задачу выявления новых нефтеносных областей и новых месторождений, надо глубже изучить вопросы происхождения и миграции нефти и газа. Они должны шире пользоваться данными региональной геологии, включая стратиграфию, тектонику и литологию, с учетом тенденций поисков определенных признаков нефтеносности недр. Известно, что в природе существует много типов нефтегазовых месторождений, как по их действительному или предполагаемому геологическому возрасту, так и по форме связи с вмещающими породами. Исключительно важно, в частности, выявлять закономерности приуроченности нефти к определенным типам осадочных горных пород, к определенным типам складок, иногда к определенным этапам тех движений земной коры, которые привели к образованию тектонических структур.

ВОЗРАСТ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Долгие годы основная добыча нефти в нашей стране велась из наиболее молодых кайнозойских и лишь отчасти мезозойских осадочных отложений. Заложение нефтяной промышленности в Восточных Карпатах спустя некоторое время привело к началу добычи нефти на Кавказе. Особенно быстро стала она развиваться в нашей стране с начала текущего столетия. В конце двадцатых годов на успехах соляного бурения на Урале была заложена новая нефтяная область. Волго-Уральская — «Второе Баку», ныне дающая наибольшее количество нефти и газа, по сравнению с другими действующими нефтеносными районами нашей страны.

Возраст месторождения нефти первоначально считался верхнепалеозойским (320—

225 млн. лет), между тем оказалось, что эта нефть девонская (420—400 млн. лет)¹.

Начиная с 1937 г. на востоке СССР появились данные о промышленных запасах нефти кембрийских отложений (550 млн. лет), например в юго-западной части Сибирской платформы, в Иркутском «амфиатре». Кроме того, на просторах Западно-Сибирской низменности, в Тюменской области, в последние годы открыта еще одна новая нефтегазовая область с исключительными перспективами ее промышленного освоения. Какова же вообще природа этого ископаемого на нашей планете?

Еще со времени работ великого русского химика Д. И. Менделеева бытует взгляд, что нефть имеет неорганическое происхождение и что она поступает из глубоких недр в различные «ловушки» и коллекторы по разломам земной коры. Первоначально эта гипотеза была самой популярной, но накопление новых геологических данных привело к развитию взглядов иного порядка.

Обнаружение нефти в основном в осадочных породах, в бассейнах морского, лагунного и даже пресноводного типа, породило убеждение о связи ее с жизнепроявлениями на нашей планете. Родилось представление, подкрепленное достаточным фактическим материалом, что нефть возникла и возникает за счет преобразования вещества организмов (в основном водорослей), заключенного в тот или иной момент геологической истории Земли в иловатых, глинистых или карбонатных породах разных типов.

Существует отрасль геологии, которая рассматривает нефть как таковую, — это нефтяная геология. Она в основном изучает строение месторождений, миграцию и местную концентрацию нефти в определенных геологических условиях, сопутствующие ей «нефтяные воды». В основу поисков чаще всего берется теория, по которой считается, что концентрация запасов нефти и газа происходит в условиях куполовидных структур — складок под относительно непроницаемыми геологическими слоями. В то же время далеко не всегда известно, как нефть и газ попадают в эти куполовидные структуры.

¹ Мысль, что чем моложе вмещающие отложения, тем надежнее заключенные в них месторождения нефти, потерпела таким образом, серьезное поражение. Запасы оказались даже больше, чем следовало из расчетов, когда возраст нефти считался более молодым.

Остаются не вполне выясненными формы миграции твердых и жидких углеводородов. Нефтяные геологи иногда говорят, что они знают, где вероятнее всего найти нефть, но не знают, как она туда попадает. Конечно, если бы этот важный вопрос был бы ясен, то искать нефть было бы легче!

МИГРАЦИЯ И КОНЦЕНТРАЦИЯ

Существует четыре гипотезы движения и концентрации нефти, тесно связанные со способом образования ее месторождений. Первая — это *трещинная*, согласно которой скоплению нефти способствуют различные трещины в горных породах, образующиеся в результате изгибания слоев осадочных пород в определенные фазы развития горообразовательных процессов. А как быть с такими месторождениями, которые совсем не связаны с трещинами? Другая теория — *гравитационная* предполагает, что причина миграции нефти и газа связана с проявлением силы тяжести. Значение этой теории, конечно, неоспоримо, поскольку для накопления нефти, ее перемещения, физические свойства должны играть важную роль.

Но ведь без воды миграция нефти невозможна. И вот выдвигается третья теория — *гидравлическая*, связывающая миграцию нефти с напором движущейся воды. По-видимому, правильное всего соединить две последние теории. Ведь тяжелые слабогазоносные нефти попадают в самые разнообразные по происхождению горные породы, причем не только поднимаются в верхние зоны земной коры, но и погружаются на некоторых небольших участках. Вспомним, например, о тяжелой ухтинской нефти на Русской платформе!¹

Четвертая теория предполагает миграцию и накопление нефти под действием *поверхностного натяжения жидкостей*, т. е. проявления капиллярных сил. Впрочем, практика нефтяной геологии, пожалуй, свидетельствует скорее об удержании нефти горной породой в капиллярных условиях. Никогда нельзя извлечь все 100% содержащейся в недрах нефти: по крайней мере 30% ее навсегда там остается.

Известно, что нефть связана с осадочны-

ми образованиями. Геологи большое значение придают особым нефтематеринским породам и свитам, так называемым керогенам, содержащим исходное органическое вещество. Несмотря на то, что сторонники неорганического происхождения нефти отрицают значение таких керогенов, в последнее время накапливается все больше материалов, подтверждающих их существенную роль в формировании залежей.

Обилие теорий о движении и накоплении нефти порождено разнотипностью месторождений.

Вот еще несколько теорий, притом малообоснованных. Сторонники точки зрения неорганического происхождения нефти считают, что ее миграция происходит по крупным радиальным разломам земной коры, геологически относительно молодым — с конца мелового периода до начала четвертичного. Они убеждены, что раньше миграции нефти не происходило. Вывод поистине парадоксальный! Некоторые ученые, поддерживающие химическую теорию происхождения нефти, обращают основное внимание на насыщенность нефтью в одном и том же разрезе осадочной серии одних слоев и ненасыщенность других. В этом они видят также проявление роли крупных радиальных разломов.

Сторонники теории органического происхождения нефти рассматривают вопрос о формировании ее залежей шире и многограннее, а время их возникновения не связывают обязательно только с поздними фазами горообразовательных движений. Развитие этой теории в применении к практике принесло открытие не только множества новых месторождений, но и целых нефтегазоносных областей. В Советском Союзе таковыми после Карпат и Кавказа оказались Урал — Поволжье, Украина, Белоруссия, Предкавказье, Казахстан, Узбекистан, а в последние годы и западная часть Западно-Сибирской низменности, Иркутский амфитеатр, часть великой Сибирской платформы. Нефть и газ во всех этих местах оказались не только залегающими не в разновозрастных породах, но и не на одинаковых стратиграфических уровнях, а также весьма различными по качеству. Однако во всех случаях практически они всегда приурочиваются к осадочным толщам (лишь около 30 промышленных месторождений нефти из всех известных в мире приурочено к изверженным или метаморфическим породам). Кроме

¹ Ухтинская нефть носит следы вторичного окисления, что привело ее в вязкое состояние, приближающееся по консистенции к асфальтам.

того, во вторичном залегании нефть ныне известна не только в позднемезозойских — меловых или в третичных отложениях, как в Азербайджане и в Фергане, — но и в более древних: на Русской платформе и в Волго-Уральской области в отложениях девона, а на Сибирской платформе даже в нижнекембрийских отложениях. (Конечно, во всех этих районах легче поддается определению не время миграции нефти и ее скоплений, а лишь время формирования пород с коллекторскими свойствами.)

Теория органического происхождения нефти продолжает развиваться и совершенствоваться. Этому способствует непрерывное поступление все новых и новых фактических материалов. Согласно представлениям многих геологов, образование нефти происходит в любое геологическое время в осадочных породах водного бассейна, в неглубоко залегающих пластах, в процессе превращения осадка в породу (диагенеза). По мнению других исследователей, нефть и газ образуются за счет исходного захороненного органического вещества в более глубоко залегающих осадочных толщах, но при относительно низкой температуре, и участии процессов катализа и синтеза. При этом допускаются биологические — биохимические процессы, в которых принимают участие соответствующие группы микроорганизмов. Заслуживает внимания взгляд, что для выделения нефти нужны большие глубины и температура свыше 300°C. Нельзя не отметить, что этим разнообразием взглядов по данному вопросу далеко не исчерпывается.

Как же можно объяснить наличие нефти в одних и присутствие лишь воды в других слоях одного и того же геологического разреза? Нам представляется, что это можно сделать, учитывая появление новых данных об образовании метана и других углеводородных газов в поверхностных и глубинных условиях (при участии катализаторов), а также образование наряду с легкими и тяжелыми углеводородами в виде непрерывного ряда веществ этой группы, в результате чего возникает различного типа нефть и смесь углеводородных газов. От этого зависит и различие типов нефти. Поэтому правильнее говорить не о передвижении (миграции) по трещинам нефти, а о перемещении битумов в газообразном состоянии, иногда частично с последующим превращением их в жидкую нефть. Как известно, различные углеводо-

родные газы, в особенности метан, способны пробивать себе пути через самые разнообразные горные породы. На этом природном явлении основан даже специальный метод поисков нефти, предложенный В. А. Соколовым¹.

ДРЕВНЯЯ НЕФТЬ

И все-таки для сторонников органической теории происхождения нефти залежи ее в древних осадочных образованиях кажутся загадочными. Главным образом, это происходит потому, что большинство геологов привыкло к мысли о скудости жизни в кембрийское время. Откуда же, рассуждают они, могло взяться органическое вещество для образования нефти в кембрии, когда жили в то время лишь рифообразующие археоциаты, да трилобиты, ракообразные и брахиоподы?²

Открытие промышленной нефти в ряде мест, где распространены отложения нижнего кембрия южной части Сибирской платформы (например, Марковское и другие месторождения), как будто льет воду на мельницу сторонников неорганической теории происхождения нефти, поскольку глубже кембрия там залегают уже в той или иной степени метаморфизованные докембрийские образования. А сторонникам химической теории представляется, что такие факты поддерживают их взгляды.

Между тем, как в отношении более поздних месторождений и местонахождений нефти и газа, так и в данном случае, все же полностью торжествует теория органического происхождения нефти.

КЕРОГЕНЫ ДОКЕМБРИЯ

Граница докембрий — кембрий, датирующаяся пределами 570—600 млн. лет, в действительности не столь решительно обособляет этапы истории развития организмов на Земле, как это обычно представляется на первый взгляд.

Преодоление некоторой пессимистической предубежденности о скудости жизнепроявлений в докембрии, чем пестрит геологическая литература, преодоление некоторого «психологического» барьера, как оказалось, за последние десятилетия принесло местами обильные новые данные, новые ма-

¹ Этот метод состоит в отборе проб почвенного воздуха и выделении из него углеводородных нефтяного типа газов.

² К сожалению, мало распространены сведения о водорослевой жизни в морях кембрия.

териалы, в корне меняющие наши представления.

Уже изучение своеобразных известковых слоистых образований, изменчивой формы и размеров, называемых строматолитами, настораживало исследователей и заставляло предполагать в водах докембрия массовое проявление жизнедеятельности некоторых организмов, не то животных, не то водорослей. При этом как вертикальное, так и горизонтальное распространение этих образований всюду оказывалось значительным, в особенности в составе отложений верхнепротерозойского возраста (в амплитуде геологического времени 1200—600 млн. лет).

Специальное исследование каменных материалов из осадочных пород верхнего докембрия, произведенное палеонтологами, привело к открытию в них остатков сине-зеленых водорослей, в меньшей степени красных, в сопровождении изредка встречаемых представителей ряда групп беспозвоночных животных. Открытия эти производились и производятся как в веществе строматолитов, так и в цементе между ними, а также и во внешне плотных породах морского происхождения тех же осадочных свит и серий. Выявлен огромный материал о систематике организмов, их стратиграфическом и палеогеографическом значении, а также о накоплении в древних толщах остаточного органического водорослевого вещества.

Мы безоговорочно принимаем представления В. И. Вернадского о роли зеленого вещества и древней биосферы в истории нашей планеты. В частности, речь идет о роли

зеленого вещества в накоплении свободного кислорода и его восстановлении за годичный срок. «Правы ученые,— писал В. И. Вернадский,— выделяющие наряду с богатым жизнью палеозоем, мезозоем и кайнозоем, еще и археозой. К нему принадлежат самые древние, нам доступные и известные, части земной коры. Эти слои оказываются свидетелями древнейшей жизни, которая, несомненно, длится не менее $2 \cdot 10^9$ лет»¹. И вот мы задумываемся над грандиозностью производства живого вещества, в особенности водорослевого, уже в докембрийское время. Ныне это превосходно подкрепляется обилием следов жизни водорослей в водных бассейнах докембрия, как придонных, так и в особенности планктонных. Это вещество, как оказывается, находилось в особо благоприятных условиях его захоронения, поскольку нет никаких данных о развитии в то время гнилостных процессов, существовании гетеротрофных бактерий. Поэтому происходило почти полное захоронение растительного вещества в осадках соответствующих бассейнов, с последующим его преобразованием в анаэробных условиях.

Астрономическим цифрам запасов создавшегося в то время свободного кислорода должны были соответствовать тоже астрономические цифры запасов вещества отмерших растений и органических веществ в водных бассейнах. Часть этого вещества в раз-

¹ В. И. Вернадский. Биосфера (1926). Избр. соч., т. V, 1960, стр. 21.

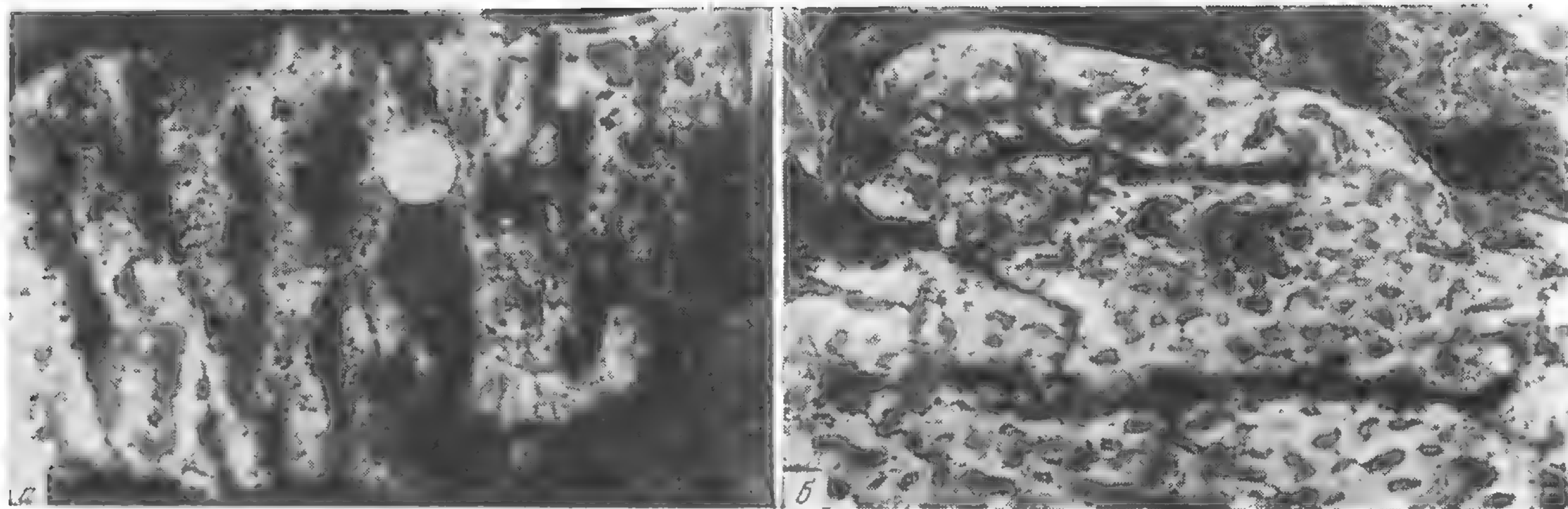


Рис. 1. Часть водорослевого рифа с остаточными органическими веществами в местах развития водорослевых колоний (вид сбоку — а; вид сверху — б). Для масштаба слева показана крышка фотоаппарата

ложенном до углекислоты и воды виде множество раз вновь и вновь возвращалась на построение живого вещества. При вспышках вулканизма среда дополнительно обогащалась запасами углекислоты. Поэтому огромные массы водорослевого вещества должны были захороняться на месте его производства в осадочных породах, причем этот процесс часто сопровождался участием организмов в образовании пород, в виде строматолитов и других типов биолитов.

В. И. Вернадский считал запас свободного кислорода в биосфере равным $1,5 \cdot 10^{21}$ т, а запас неразрывно связанного с ним живого вещества он исчислял в $10^{20} - 10^{21}$ т. При этом был определен и масштаб воспроизводства зеленого вещества: органическое вещество моря способно за 50—70 дней развиться в количествах, равных по весу земной коре. Однако этого не происходит и не происходило в такой мере в прошлом, так как запасы углекислоты были недостаточны. Тем не менее масштаб жизнедеятельности в протерозое водорослей разных типов был грандиозным; позднее он ограничивался уже развитием многих групп животных, для которых водоросли стали основной пищевой базой.

Таким образом, представления В. И. Вернадского, изложенные в его учении о биосфере Земли, ныне блестяще подтверждаются открытиями обильной водорослевой жизни в водных бассейнах протерозоя. Теперь мы уже знаем много видов водорослей, остатки которых найдены в осадочных породах докембрия, не только позднего, но даже среднего протерозоя.

Водоросли очень часто строили своеобразные биогермы и биостромы, ископаемые водорослевые рифы и банки. Естественно, биогенные породы претерпели ту или иную степень вторичных изменений в результате регионального метаморфизма. Тем не менее нередки случаи, когда остаточное органическое вещество, облеченное минеральным (известковым) материалом, прочно упаковывалось и захоронялось в ископаемом состоянии (рис. 1). Это вещество обычно хорошо подчеркивает следы строения самих водорослей, иногда помогая вскрывать даже их клеточное строение. Благодаря этому ныне открываются исключительные возможности глубокого изучения организмов столь далекого геологического прошлого нашей планеты, с выявлением данных, помогающих понять эволюцию этой жизни, форм

мообразования, а одновременно и определения роли этих организмов в накоплении органического вещества.

Обнаружены многочисленные случаи полного включения фитогенного органического вещества в осадочную породу на месте обитания соответствующих организмов (см. рис. 1), или же в виде образования породы типа сапропеля за счет отмиравшего фитопланктона. Механизм перехода в ископаемое состояние (фоссилизации) раскрывается достаточно легко. В условиях среды, сильно обогащенной растворенными бикарбонатами кальция, магния, железа и т. д., усвоение углекислоты приводило к местному подщелачиванию двухвалентных элементов, что влекло за собой осаждение на водорослевых тканях, их телах — талломах и дерновинках — пленок твердых нерастворимых карбонатов, прежде всего кальция. При этом часто прекрасно фиксировались в ископаемом состоянии водорослевые микроструктуры. Правда, значительно чаще процессы замещения кальция магнием или железом приводили к той или иной степени нарушения остаточных микроструктур, что, конечно, затрудняет палеонтологическое изучение таких материалов, они могут стать лишь объектом догадок и предположений о пороодообразующих формах водорослей¹.

Обнаружение массовых случаев вторичного удаления органических веществ из фитогенных пород докембрия указывает на явления их древней миграции, скорее всего осуществлявшейся в газообразном состоянии. Поэтому древнейшая в мире промышленная нефть, установленная на юго-западе Сибирской платформы — в Иркутском амфитеатре, в отложениях нижнего кембрия, датируемых пределами 570—500 млн. лет, нас ныне не удивляет. Непромышленную первую жидкую нефть на платформе открыл в 1937 г. В. М. Сеньюков. Промышленная нефть и попутный горючий газ ныне открыты на обширной площади в районе с. Марково (Верхоленский район) и других местах. Под руководством опытного разведчика И. П. Карасева нефть и газ нижнекембрийских отложений разведываются на обширной площади, с перспективами охвата в

¹ Впрочем, некоторые наши исследователи работают над изучением внешней, необычайно непостоянной формы строматолитов и пытаются овладеть секретом их стратиграфической приуроченности.

дальнейшем и более молодых отложений Сибирской платформы.

Надо сказать, что открытие нефти в отложениях кембрия Восточной Сибири некоторыми геологами используется отчасти для возрождения идеи о ее химическом происхождении. Они исходят из того, что в зоне подошвы и нижней части разреза, где обнаружены залежи нефти и газа, залегают терригенные отложения и в виде мощной серии чаще всего красноцветных песчаников и алевролитов. Породы эти связаны с фациями окислительного режима, чем объясняется красно-бурая окраска пород. Остатки же трилобитов и археоциат, находимые в разрезе кембрия, никак не могут считаться источниками запасов органического вещества, которое могло бы превратиться в нефть и газ.

Мы должны обратиться, в данном случае, к отложениям докембрия, которые выходят на дневную поверхность на многих участках окраинной зоны Сибирской платформы, а также вскрываются буровыми скважинами.

Протерозой здесь представлен огромной серией отложений как осадочных (морских), так и вулканогенно-туфогенных пород, в малой степени с участием пород обломочных. Взаимоотношение между этими комплексами в разных районах Восточной Сибири длительное время было предметом споров, в особенности в отношении состава серий и их геологического возраста. Благодаря специальному сборам каменного материала и детальному изучению разрезов докембрия Прибайкалья, окраины Восточного Саяна, Енисейского кряжа, Туруханской складчатой зоны, южной части Верхоянья, выявлены строматолиты, в той или иной степени пригодные для изучения содержащихся в них остатков водорослей. Оказалось, что некоторые части разрезов этих древних серий сложены карбонатными породами водорослевого происхождения значительной мощности. По аналогии с синием Китая (рис. 2) удалось выявить остатки водорослей на разных стратиграфических уровнях позднего докембрия. Причем об-

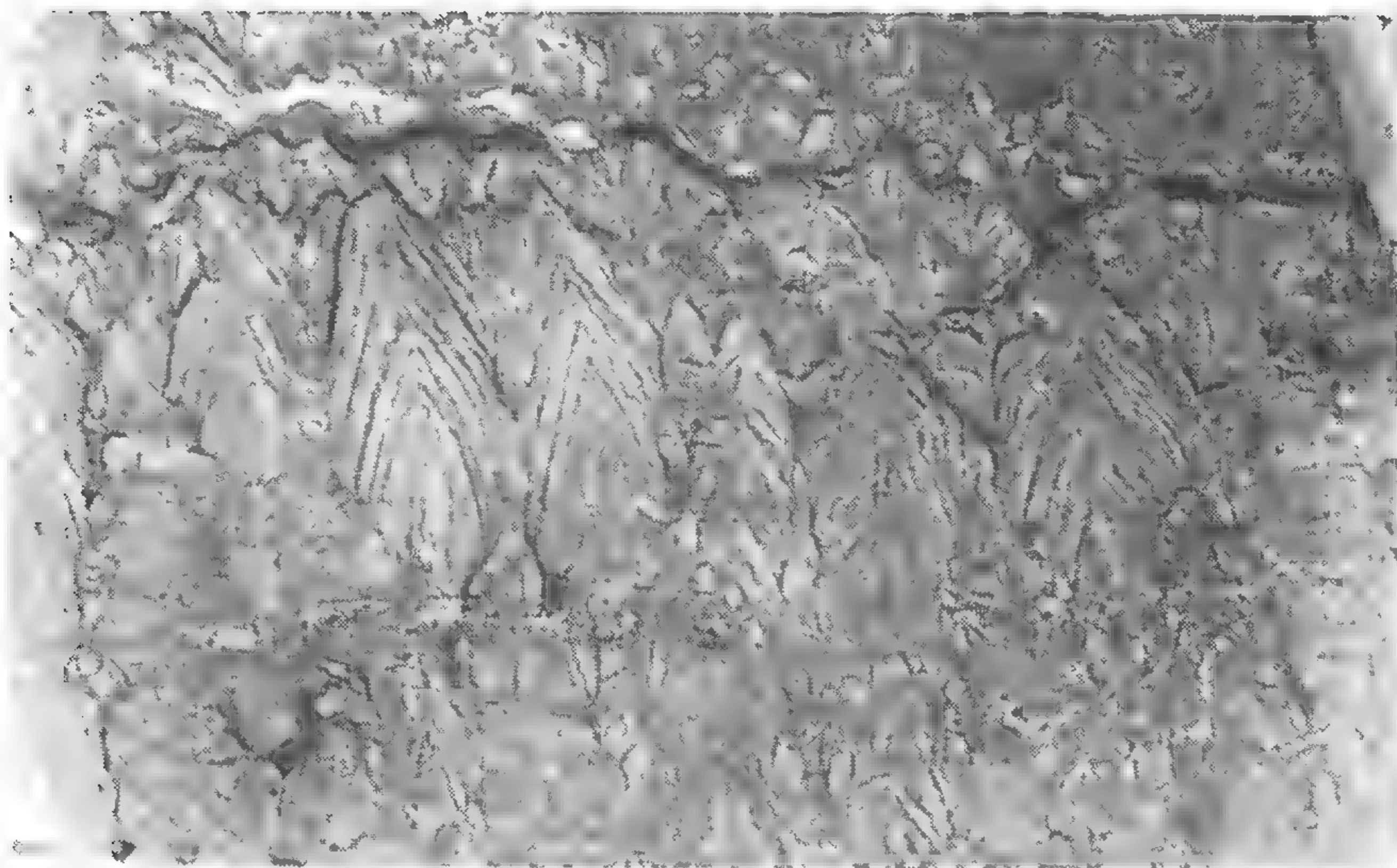


Рис. 2. Разрез водорослевого рифа. Порода лишена органических веществ. Протерозой (Китай)

наружилось много общих черт, сближающих между собой поздний докембрий Восточной Сибири с Центральным и Северо-Восточным Китаем. Удалось разработать историю развития их — филогению выявленных видов водорослей, и это помогло правильно сопоставить свиты, хотя бы для Восточной Сибири. Во многих районах суммарная мощность фитогенных карбонатных пород несомненно составляла многие сотни метров и если представить, что первично это было живое органическое вещество, то запасы его, включенные в водорослевые слои должны были бы быть просто астрономическими.

СКОРОСТЬ ПРОЦЕССА

При исследовании органических остатков из мощных отложений позднего докембрия на востоке СССР, в которых часто присутствуют многообразные остатки синезеленых водорослей, нам удалось произвести подсчеты скоростей накопления органического вещества, составившие от 0,1 до 1,5 мм за сезон вегетации в условиях бассейна платформенного типа и до 4,5 мм в бассейне геосинклинали¹. Еще в специаль-

¹ Можно отметить, что отложения дурномысской свиты среднего синия Туруханского района состоят из сплошного переслаивания (70—80%) строматолитовых и плотных разновидностей известняков. Причем в плотных породах тоже установлены остатки микроскопических синезеленых водорослей.



Рис. 3. Продольный разрез части рифа, образованного микроскопической водорослью *Tschihatcevia granulosa* Vologdin. Верхний протерозой (район Нижней Тунгуски)

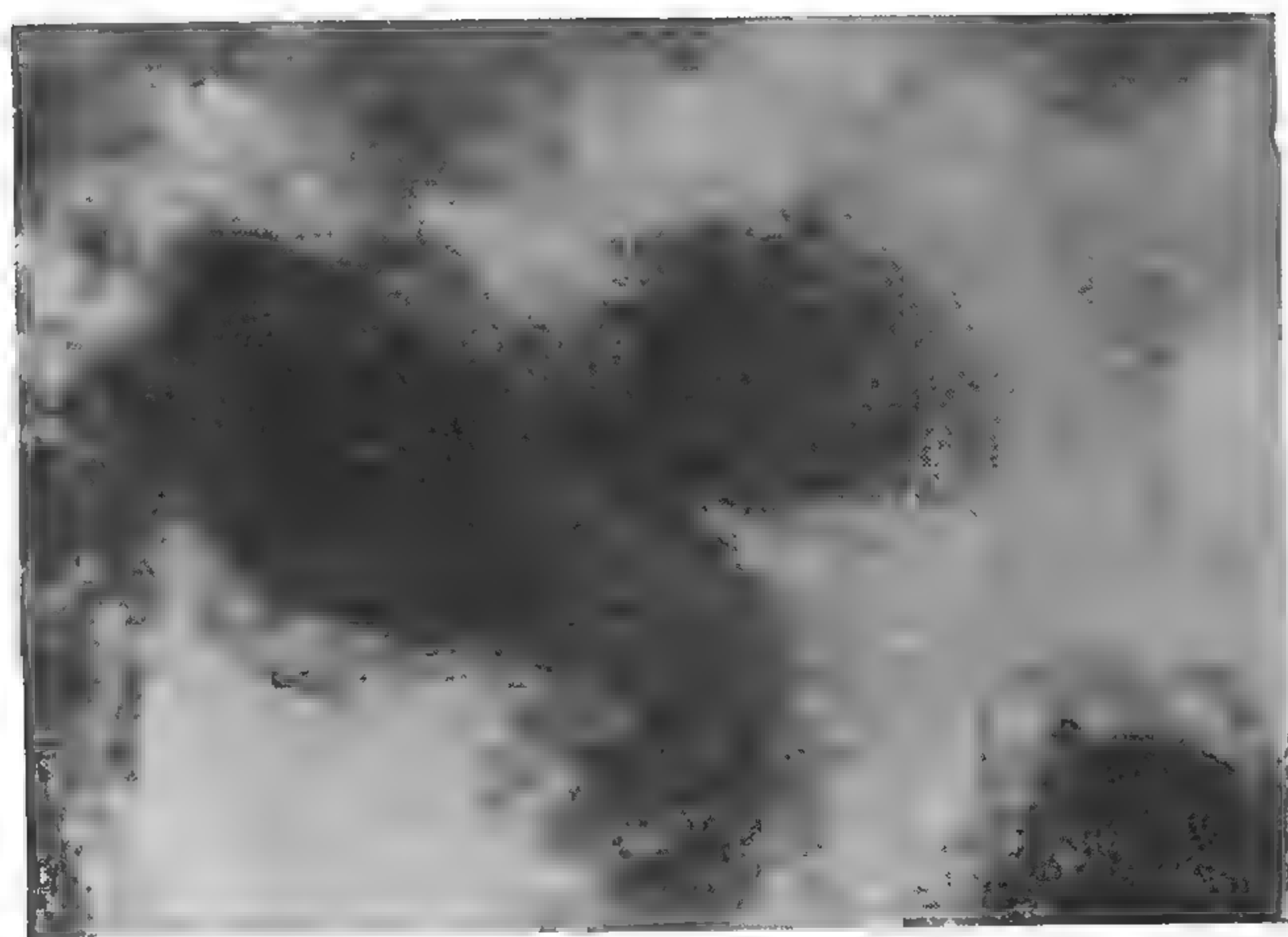


Рис. 4. Породообразующая микроскопическая водоросль *Mirandavia rotunda* Vologdin. Протерозой (хребет М. Хинган)

ном сообщении на конференции по происхождению нефти и газа, состоявшейся в 1957 г. в Москве, мы приводили подсчеты накопленного органического вещества в разрезах позднего докембрия Восточной Сибири. Условно на 1 км² площади за 1 млн. лет накапливалось органических веществ до 1 км мощности. Поскольку интерес к количественной стороне жизнедеятельности древних морских лагунных и, возможно, пресноводных водорослей в настоящее время велик, мы попытались подсчитать суммарную мощность свит, которые в той или иной степени должны считаться нефтепроизводящими, т. е. керогенами. В этот подсчет были включены все водорослевые слои синия Енисейского кряжа и Туруханского района (рис. 3). Полученная цифра составляет более чем 700 м (даже если не учитывать рассеянное в осадочных отложениях органическое вещество).

Интересно, что выявленные в этих толщах различных районов Востока СССР микроскопические водоросли (рис. 4—6) проявили себя как руководящие формы. Изучение их в прозрачных шлифах в больших увеличениях показало, что можно по-новому подойти к разработке стратиграфии среднего и верхнего протерозоя. Одновременно раскрывался и вопрос об исходном органическом веществе для образования нефти и газа. Местами ископаемые докембрийские биогермы, оказывается, служили источником развития вторичной битуминизации пород вышележащей части разрезов. В некоторых местах эта вторичная битуминозность в виде трещинных заполнений полужидким битумом в породах протерозоя оказалась столь значительной, что это заинтересовало даже нефтеразведчиков. Примером может служить одна из разведочных скважин, заложенная по р. Сухой Тунгуске в 20 км от ее устья. Она вскрыла горизонт сгущенной нефти, залегающей слишком близко от дневной поверхности и поэтому подвергшейся окислению и затвердевшей.

Таким образом, в составе протерозоя, подстилающего кембрийские отложения на Сибирской платформе, в особенности на ее западной окраине, есть ряд свит, которые могут рассматриваться как керогены. Внимание к изучению водорослевых фаций докембрия может оказать серьезную помощь при поисках нефтегазовых месторождений.

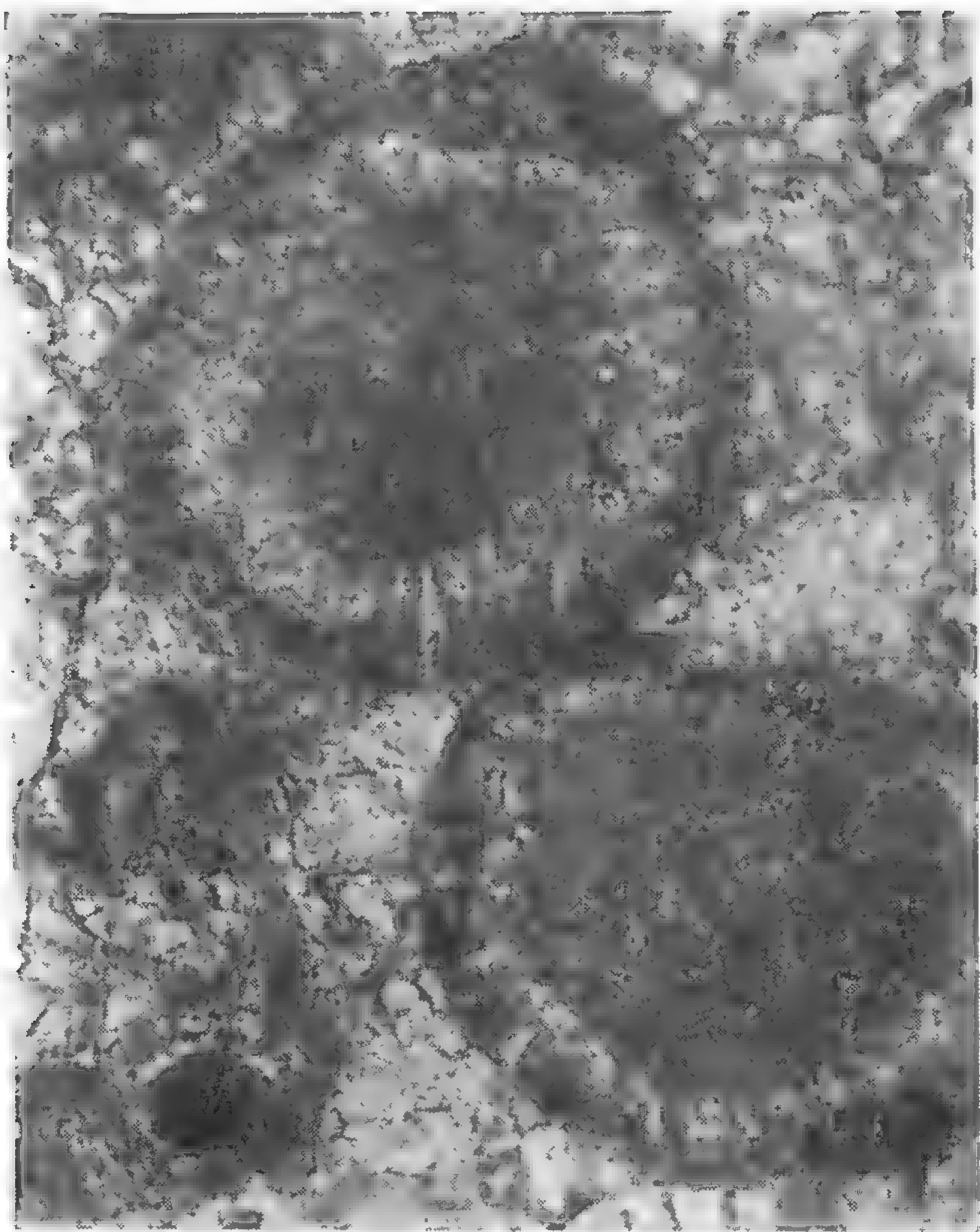


Рис. 5. Микроскопическая порообразующая водоросль *Gonatophyton ovale* Vologdin et Drozdova в шлифе. Протерозой Алданского щита

* * *

Итак, по-видимому, нефть и газ в нижнекембрийских отложениях юга Сибирской платформы, а может быть и не только этой ее части, теснейшим образом связаны с отложениями водных бассейнов позднего докембрия. Как же протекал процесс образования месторождения? Газовые эманации (местами и жидкостные) из керогенов докембрия, по-видимому, начали мигрировать еще до формирования кембрийских отложений. Одновременно шло образование иногда своеобразных текстур в тех или иных слоях синийской серии, например по р. Сухой Тунгуске. Между тем главнейшее развитие этот процесс получил уже при значительном погружении упомянутых нефтематеринских отложений в процессе развития нижнекембрийской трансгрессии. Конкретным толчком для этого могли послужить наиболее ранние для палеозоя тектонические движения (салаирские), главная фаза которых приурочивалась к среднему кембрию. Именно салаирские горообразовательные движения могли создать аномалии давлений, развитие систем трещиноватости кливажа и того или иного типа трещиноватости, как

путей движения углеводородов и мест их концентрации. Можно сказать, что на Сибирской платформе нижнекембрийская нефть имеет кембрийский возраст, т. е. она конденсирована уже в кембрийское время, но на раннем этапе ее образования, несомненно, связана с подстилающими отложениями осадочного докембрия, где широко распространены ее действительные источники. Поэтому нефтеразведчики Восточной Сибири совершенно правильно уделяют сейчас особое внимание нижней границе кембрийских отложений и составу позднедокембрийских образований.

Благодаря уже известным успехам нефтеразведки на юге Сибирской платформы очень возможно, что могут быть обнаружены серьезные проявления битумов не только в кембрийских отложениях, но и в позднем докембрии. Кстати, в Северной Америке уже добывают нефть из отложений докембрия.

Что касается различных теорий проис-

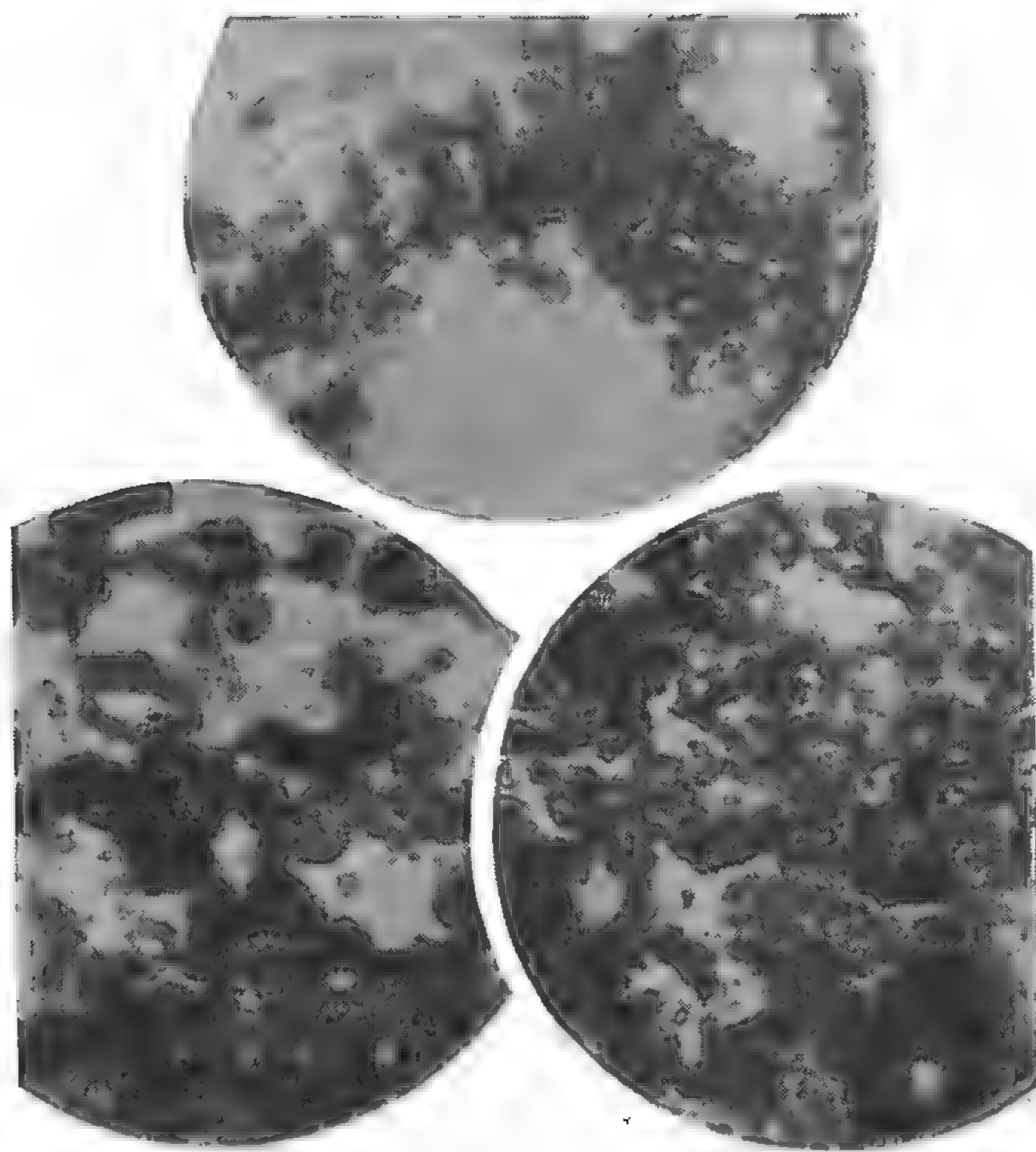


Рис. 6. Микроскопические порообразующие водоросли: *Borlogella multifaria* Vologdin (верху) в продольном сечении части строматолита; *Sarmaella conferta* Vologdin (слева); *Sarmaella commutata* Vologdin (справа). Протерозой (Прибайкалье)

хождения нефти и газа, то новые данные еще раз свидетельствуют в пользу ее органического происхождения. Органическая жизнь, возникшая более 3 млрд. лет тому назад, уже в виде водорослевых и бактериальных сообществ давала с самых ранних моментов ее развития накопление углеродных соединений и в водную среду и в состав осадков.

Таким образом, углеводородные соединения, в частности газообразные, жидкие и твердые битумы, в земной коре оказываются ее неотъемлемой частью, как и сама жизнь. Поэтому причины скопления нефти и газа в виде месторождений в осадочных толщах и их происхождение оказываются вполне

познаваемы. Процессы, обусловившие их образование, местами на Земле массово развились уже в докембрийское время, многократно возобновляясь в ходе геологической истории Земли. Процессы погружения земной коры, в ходе ее формирования, приводили иногда к многократным перемещениям подвижных форм битумов, с концентрацией в соответствующих местах и условиях и с новыми перемещениями совместно с вновь образованными массами. Именно этим объясняется многообразие типов месторождений нефти и газа, а также их различный геологический возраст.

УДН 553.061.3

АКАДЕМИК СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ КОРОЛЕВ



14 января 1966 года в Москве на 60-м году жизни скоропостижно скончался крупнейший советский ученый, член Президиума Академии наук СССР, коммунист, дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, академик Сергей Павлович Королёв.

В лице С. П. Королева наша страна и мировая наука потеряли выдающегося ученого в области ракетно-космической техники, конструктора первых искусственных спутников Земли и космических кораблей, открывших эру освоения Человечеством космического пространства.

С. П. Королёв родился 30 декабря 1906 г. в г. Житомире в семье учителя. С 1927 г. работал в авиационной промышленности. В 1930 г. без отрыва от производства окончил факультет аэромеханики Московского высшего технического училища им. Баумана и в том же году московскую школу летчиков.

Познакомившись с К. Э. Циолковским и его идеями, он увлекся ракетно-космической техникой и стал одним из ее основателей.

В 1933 г. с его участием была организована Группа по изучению реактивного движения (ГИРД), создавшая первые экспериментальные ракеты.

С этого времени и до конца своей жизни все свои силы он отдавал развитию советской ракетно-космической техники.

С. П. Королёв был крупнейшим конструктором ракетно-космических систем, на которых впервые в мире осуществлены запуски искусственных спутников Земли, доставлен советский вымпел на Луну, совершен облет и фотографирование обратной стороны Луны.

Под руководством С. П. Королева были созданы пилотируемые космические корабли, на которых Человек впервые совершил полет в Космос и осуществил выход в космическое пространство.

С. П. Королёв воспитал многочисленные кадры ученых и инженеров, работающих ныне во многих научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро по ракетно-космической технике.

Неиссякаемая энергия, талант ученого-исследователя, прекрасная инженерная интуиция, большая творческая смелость при решении сложнейших научных и технических проблем сочетались у С. П. Королева с блестящими организаторскими способностями и высокими душевными качествами.

Плодотворная деятельность Сергея Павловича Королева во имя нашей Родины заслужила признательность советского народа и была отмечена высокими правительственными наградами.

„Правда“, 16 января 1966 г.

БЕЗЛИНЗОВАЯ ОПТИКА

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ В ЛУЧАХ ЛАЗЕРА

Л. М. Сороко

Кандидат физико-математических наук
Объединенный институт ядерных исследований (Дубна)

Освещение предмета пучком света лазера качественно изменяет традиционную схему фотографии. Благодаря тому, что луч лазера переносит значительно больше информации, чем обычный свет, из фотоаппарата можно выбросить его основную деталь — объектив в виде собирающей линзы. В данной статье, которая представляет собой обзор материалов, опубликованных на страницах зарубежных научных журналов, рассказывается о безлинзовом методе фотографирования, получившем название голографии. С его помощью полностью воссоздаются трехмерные предметы. Микроскоп, построенный на голографическом принципе, не имеет объектива. Голографию начинают использовать для объемного кино.

Изобретение лазера дало в руки человечеству новое, могучее средство для многих отраслей науки и техники. Успехи лазерной техники приводят к реализации идей, которые были высказаны в фантастических романах недалекого прошлого. Однако писатели-фантасты не додумались до одного удивительного свойства лазерного пучка, которое мы можем наблюдать в действительности и которое относится к обычной фотографии. Получаемый с помощью лазерного пучка негатив, на который нанесена информация о предмете, оказывается настолько необычным, что поражает каждого, кто впервые знакомится с ним. Этот негатив абсолютно безлик, на нем нельзя увидеть никакого изображения. При обычном освещении негатив выглядит как однородная, немного мутноватая пластинка, и негативы двух различных предметов также неразличимы, как двойники. Однородность и безликость негатива остаются на нем до тех пор, пока его не осветят лучами лазера.

Тогда он оживает. Появится изображение предмета, и какое! Вы увидите предмет и всю сцену объемными и цветными, точно так, как вы видели их при фотографировании. Точность и полнота воспроизведения таковы, что предмет как бы висит в пространстве и при этом удастся заглянуть за предмет и увидеть то, что расположено за ним. Но самое неожиданное, пожалуй, состоит в том, что если негатив разбить на несколько не очень мелких кусочков, то каждый из них воссоздаст предмет целиком и практически с той же полнотой, что и целый негатив: ни одна деталь предмета не пропадет. Негатив неприхотлив и в другом отношении: с него не надо сдувать пыль, с ним можно обращаться без обычных предосторожностей. Следы от пальцев или царапины не повлияют на качество изображения предмета. Необычно также то, что негатив — черно-белый, а изображение, получаемое с его помощью — цветное!

Наконец, наиболее удивительно то, что

при получении негатива и при его рассмотрении в лучах лазера не используются линзы. Единственная оптическая деталь, которая участвует в процессе фотографирования, — это зеркало, простое плоское зеркало.

Как возникли эти необычные свойства негатива? Почему свет лазера как волшебник изменяет видимые свойства негатива? Ответы на эти вопросы уведут нас в область оптических явлений, которые весьма сложны и настолько своеобразны, что их свойства физики обнаружили лишь два года тому назад. Поэтому сегодня чудесные фотонегативы можно наблюдать только в крупных физических лабораториях.

КОГЕРЕНТНЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТА

Лазерный источник света, который необходим для получения объемного изображения предмета, обладает очень важным свойством — он испускает когерентное излучение.

Простейшим примером когерентного излучения могут служить радиоволны, посылаемые радиостанцией, которая работает без перерывов, с постоянной частотой и мощностью. Если в режим работы радиостанции ввести частые перерывы или же если включить две несогласованно работающие радиостанции, то когерентность пропадет. Почему это происходит?

Когерентность — это своеобразная согласованность электромагнитных колебаний, наблюдаемых в двух произвольно расположенных пунктах. Если согласованность между этими колебаниями нарушится, то одновременно исчезнет и когерентность. Как же сделать излучение нескольких радиостанций когерентным? Для этого надо заставить работать все радиостанции слаженно, по сигналу из единого центра, и ликвидировать перерывы в работе. Так, на примере двух или нескольких радиостанций можно уяснить себе причины, влияющие на когерентность общего поля излучения.

В обычных источниках света, которые мы используем повседневно, когерентность отсутствует. Причина состоит в том, что в каждый данный момент мы видим свет, испускаемый многими атомами, которые не связаны между собой и в обычных условиях не получают каких-либо сигналов-команд о «режиме и времени работы». В этом отношении процесс испускания света похож на

беспорядочную, с частыми включениями и выключениями, работу многих не связанных между собой радиостанций.

Как и в рассмотренном примере работы нескольких радиостанций, световые волны, излучаемые обычным источником света, складываются из коротких, случайно распределенных во времени цугов волн, идущих от разных атомов. Продолжительность излучения каждого цуга волн очень мала и составляет около одной стомиллионной доли секунды (10^{-8} сек). С одной стороны, это очень большой интервал времени, за которое успеет совершиться один миллион (10^6) световых колебаний, имеющих период 10^{-14} сек. С другой стороны, это время очень мало, так как оно составляет ничтожную долю экспозиции, которая продолжается от одной до нескольких секунд. По этой причине в среднем пучок света, идущий от обычного источника, оказывается полностью некогерентным.

Нельзя ли подать атомам такой сигнал-команду, чтобы они начали работать согласованно? Сейчас на этот вопрос можно ответить утвердительно. Да, можно. Эта возможность открылась с изобретением лазера, с помощью которого получают широкие и интенсивные пучки когерентного света. В лазере под действием вспомогательной лампы-подсветки возбужденные атомы забрасываются на возбужденные состояния, и затем, падая на невозбужденные уровни, согласованно испускают свет.

Согласованность световых колебаний, обеспечивающая когерентность света, достигается благодаря тому, что число «непослушных» атомов, которые, не дожидаясь сигнала, «самовольно» испускают свет, удается сделать очень малым. Подавляющая часть атомов остается «дисциплинированной», точно выполняет сигнал-команду, и благодаря этому беспорядочное излучение «непослушных» атомов практически незаметно.

Свет, идущий от лазера, сохраняется когерентным очень долго, ширина линии газового лазера составляет около 100 *кГц*, а длина цуга волн когерентного света простирается до нескольких метров.

АМПЛИТУДНАЯ И ФАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Процесс зрительного восприятия окружающих предметов начинается с освещения их каким-либо источником света. Волна

света, отразившись от предмета, несет в окружающее пространство информацию. Затем она попадает в глаз, и человек видит предмет.

Можно ли этот процесс прервать на стадии распространения волны, когда она находится между предметом и человеком, иначе говоря, «заморозить» отраженную волну, а затем, спустя некоторое время, когда предмет удален, «разморозить» ее и выпустить в свободное пространство? Такое замораживание световой волны сходно с эпизодом в одном из рассказов Мюнхаузена, когда звуки его рожка в сильную стужу «замерзли», а после наступления оттепели оттаяли, и рожок заиграл сам. Мюнхаузену хватило выдумки говорить о замороженном звуке, но придумать замораживание света у него не хватило фантазии.

Как же все-таки «заморозить» волну света? Во-первых, для этого необходимо, чтобы световая волна имела неизменную во времени структуру. Это достигается, если в качестве источника света используется лазер, испускающий когерентное излучение, и если сам предмет жестко закрепляется на время экспозиции по отношению к остальным деталям оптического устройства. В таком виде отраженная волна света будет характеризоваться двумя функциями координат: амплитудой, которая определяет интенсивность света, и фазой, связанной с относительным сгущением и разрежением волн света. Если сохранить всю эту информацию, то волна будет заморожена.

Для записи амплитудной информации пригодна обычная фотографическая эмульсия. Что касается фазы, то для ее записи в оптике используют косвенный прием: преобразуют фазу в интенсивность, как, например, в фазовом микроскопе. В нашей задаче такое преобразование фазы в интенсивность необходимо сделать так, чтобы амплитудная и фазовая информация были записаны отдельно, без наложения друг на друга.

Здесь нам на помощь приходит метод передачи сигнала в радиотехнике. Он состоит в управлении несущей частотой, которая постоянно излучается антенной радиостанции. Эта операция управления в радиотехнике называется модуляцией. Существует два типа модуляции — амплитудная модуляция, когда информация о сигнале записывается путем изменения во времени амплитуды несущей, и фазовая, или частот-

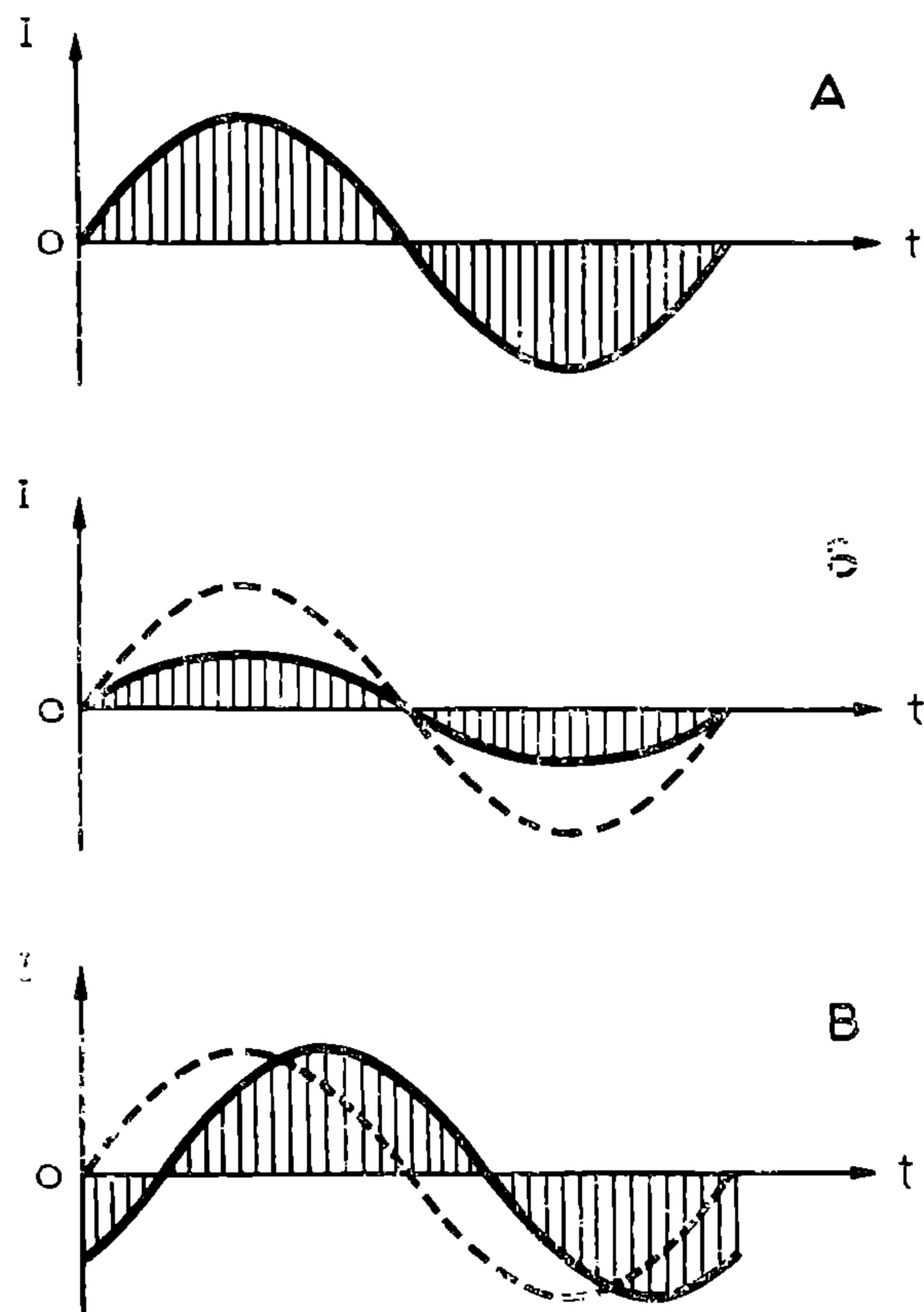


Рис. 1. Запись на несущей (А) информации об интенсивности (Б) и информации о фазах (В)

ная, модуляция, когда амплитуда несущей сохраняется неизменной, а создаются сгущения или разрежения самих колебаний несущей. Схема амплитудной и фазовой модуляции показана на рис. 1.

Вместо радиотехнической несущей, которая зависит от времени, в голографии используется несущая, нанесенная на фотопластинку. Эта несущая колеблется не во времени, а в пространстве, меняя свою амплитуду от точки к точке. Поэтому она называется пространственной несущей. Несмотря на это различие между радиотехнической несущей и пространственной несущей в оптике, их свойства в отношении передачи информации идентичны, и, зная свойства радиотехнической несущей, легко понять закономерности, возникающие в голографии.

Рассмотрим сначала свойства холостой несущей, не передающей никакой инфор-

мации; в радиотехнике этому случаю соответствует работа радиостанции в режиме молчания. А затем посмотрим, как приготовить пространственную несущую и каким образом осуществить ее модуляцию.

ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА В КОГЕРЕНТНОМ ПУЧКЕ СВЕТА

Пространственная несущая имеет вид длинных полос, расположенных на пластинке параллельно друг другу. Условно пространственную несущую мы будем изображать в разрезе в виде «профиля», высота которого характеризует степень поглощения света в данном месте. Если полосы нанесены очень тесно, то такая пластинка в оптике называется дифракционной решеткой. Обычная дифракционная решетка, используемая в спектрографах, имеет «профиль» с

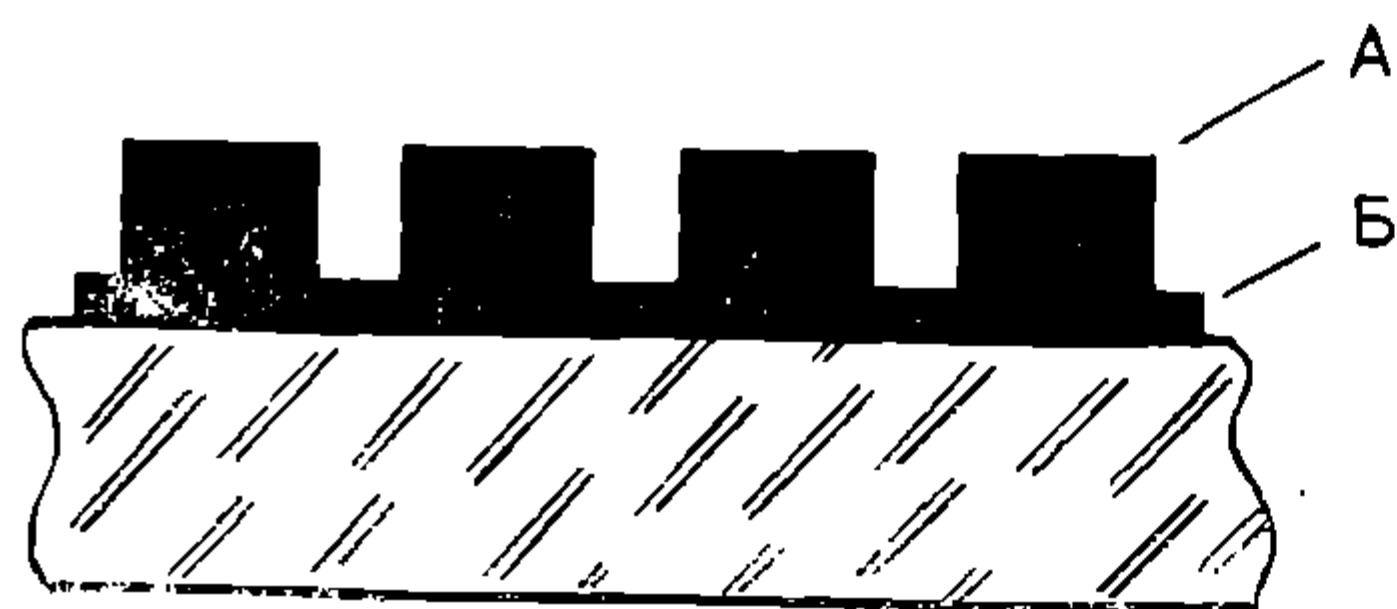


Рис. 2. «Профиль» обычной дифракционной решетки

резкими переходами от сильного поглощения к полной прозрачности (рис. 2). Профиль пространственной несущей имеет вид синусоиды (рис. 3), а поэтому ее можно называть дифракционной решеткой с синусоидальным профилем. Любая дифракционная решетка может только поглощать свет, а не усиливать его. Поэтому профиль нашей пространственной несущей изображается синусоидой, поднятой так, что ее ордината всегда положительная.



Рис. 3. «Профиль» дифракционной решетки, используемой в голографии

Если дифракционную решетку с синусоидальным профилем установить в параллельный пучок когерентного монохроматическо-

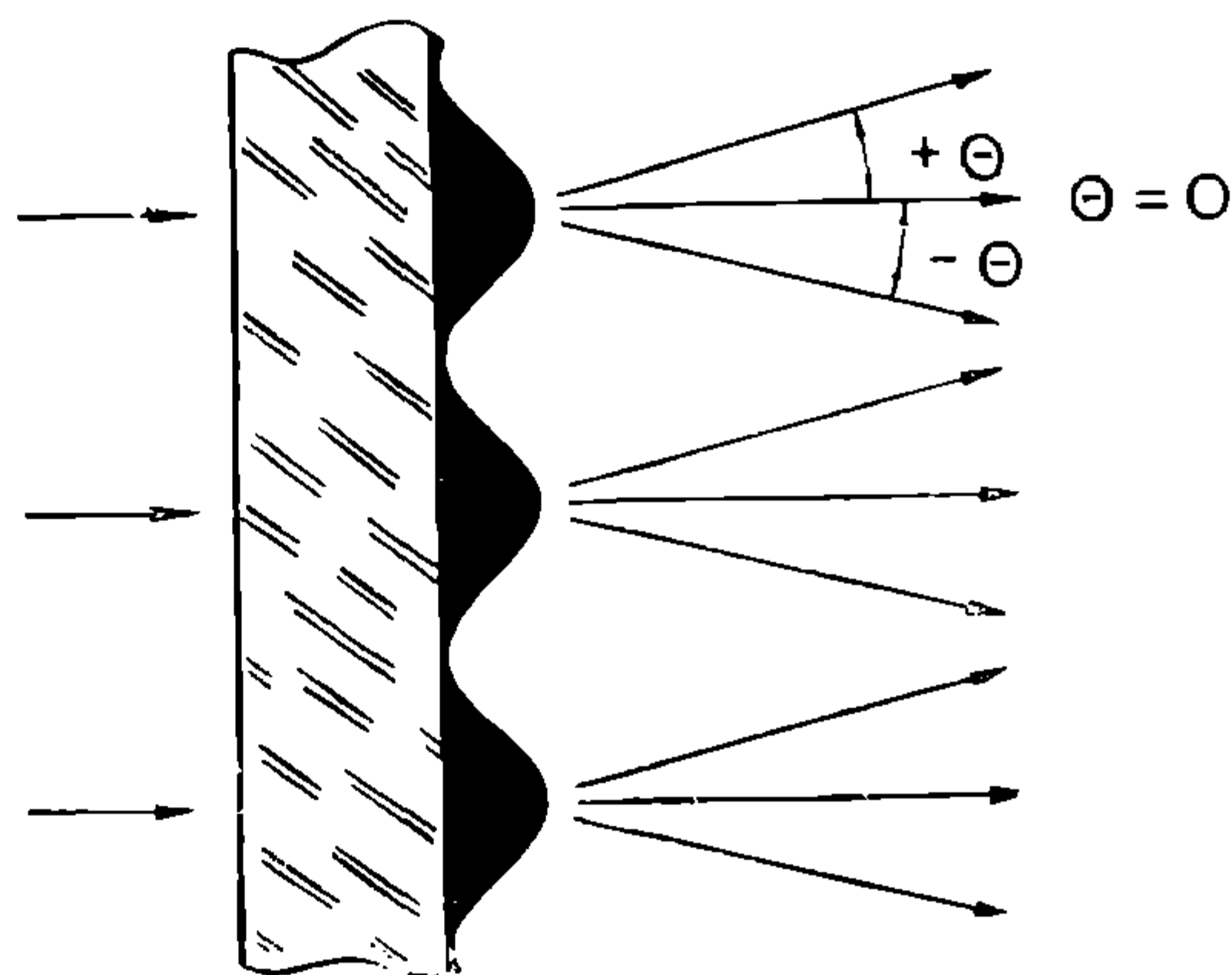


Рис. 4. Схема расщепления пучка на три составляющие при прохождении через дифракционную решетку с синусоидальным профилем

го света, то после дифракционной решетки пучок разобьется на три составляющие (рис. 4). Этому оптическому явлению отвечает простая аналогия между оптикой и радиотехникой, которая основана на общих свойствах разложения сигнала в спектр.

Если колебание тока в антенне чисто гармоническое (рис. 5), то спектр такого сигнала, естественно, состоит только из одной линии. Если к такой синусоиде добавить постоянное смещение, равное амплитуде колебаний, то в спектре сигнала допол-

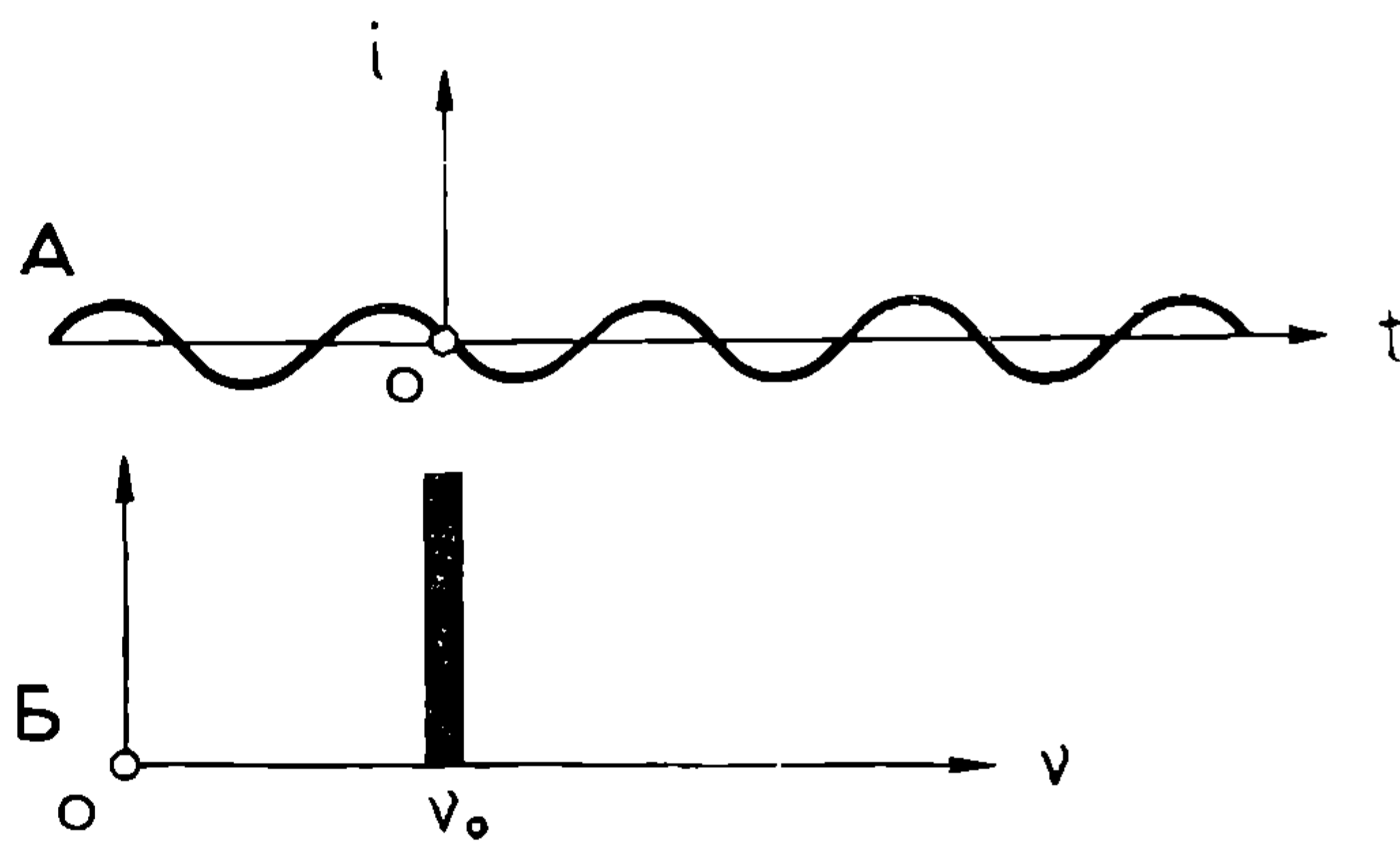


Рис. 5. Ток в антенне (А) и спектр сигнала в виде синусоиды (Б)

нительно появится нулевая частота. Добавление синусоидального сигнала с другим периодом даст в спектре еще одну линию: каждое колебание совершается независимо

от другого, а различные участки спектра никак не влияют друг на друга.

Основная составляющая когерентного пучка света, которая не изменила своего направления, отвечает нулевой частоте (рис. 6). Две боковые составляющие, отклоненные симметрично на углы $+\Theta$ и $-\Theta$, обусловлены основной гармоникой синусоидального профиля плавной дифракционной

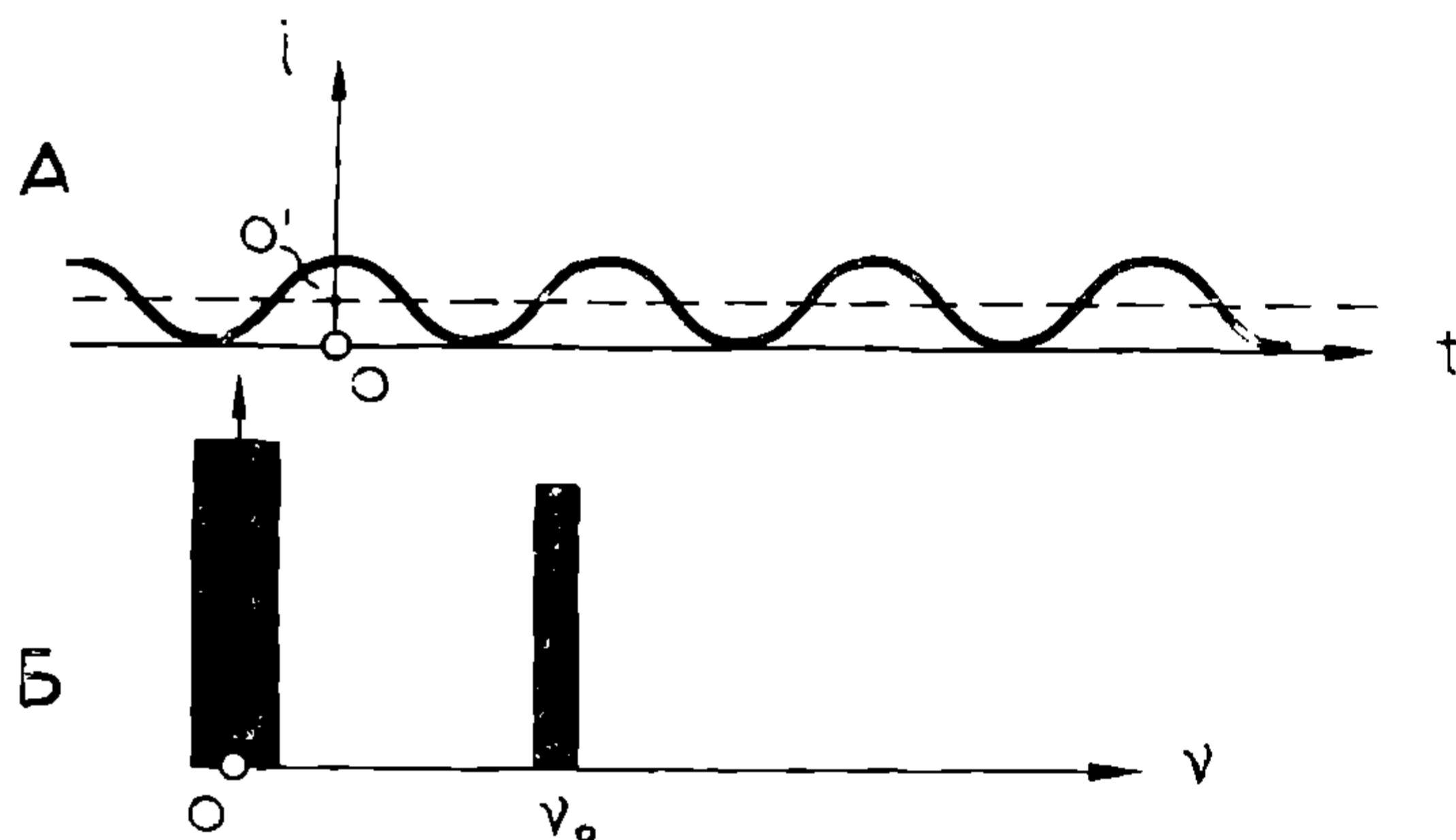


Рис. 6. Сигнал со смещением (А) и его спектр (Б)

решетки. Если отойти от дифракционной решетки на очень большое расстояние, то мы увидим три отдельно идущих пучка света, являющиеся спектром пространственной несущей. Линза, помещенная за ди-

фракционной решеткой, переносит изображение спектра из бесконечности в фокальную плоскость, где получают изображения трех ярких полос, условно изображенных на рисунке в виде точек (рис. 7).

Если на пути когерентного пучка света поместить несколько дифракционных решеток с различными пространственными частотами, то за линзой появится столько же пар ярких точек, сколько было сложено различных решеток.

Любой плоский предмет состоит как бы из большого числа дифракционных решеток. Так как спектр каждой из них располагается в определенном месте в виде двух ярких точек, то это позволит нам отдельно воздействовать на каждую решетку, не влияя на остальные. Полная аналогия с радиотехникой!

Применим наши познания для решения одной практической задачи. Речь идет об удалении с тоновой репродукции точек, которые называются сеткой клише. Эти точки расположены регулярно, с определенным периодом, в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Сами по себе точки для зрительного восприятия не нужны и поэтому, чтобы получить хорошую фотографию с репродукции, приходится «сбивать» сетку, прибегая к расфокусировке отпечатка и к последующей густой ретуши. Выполним те-

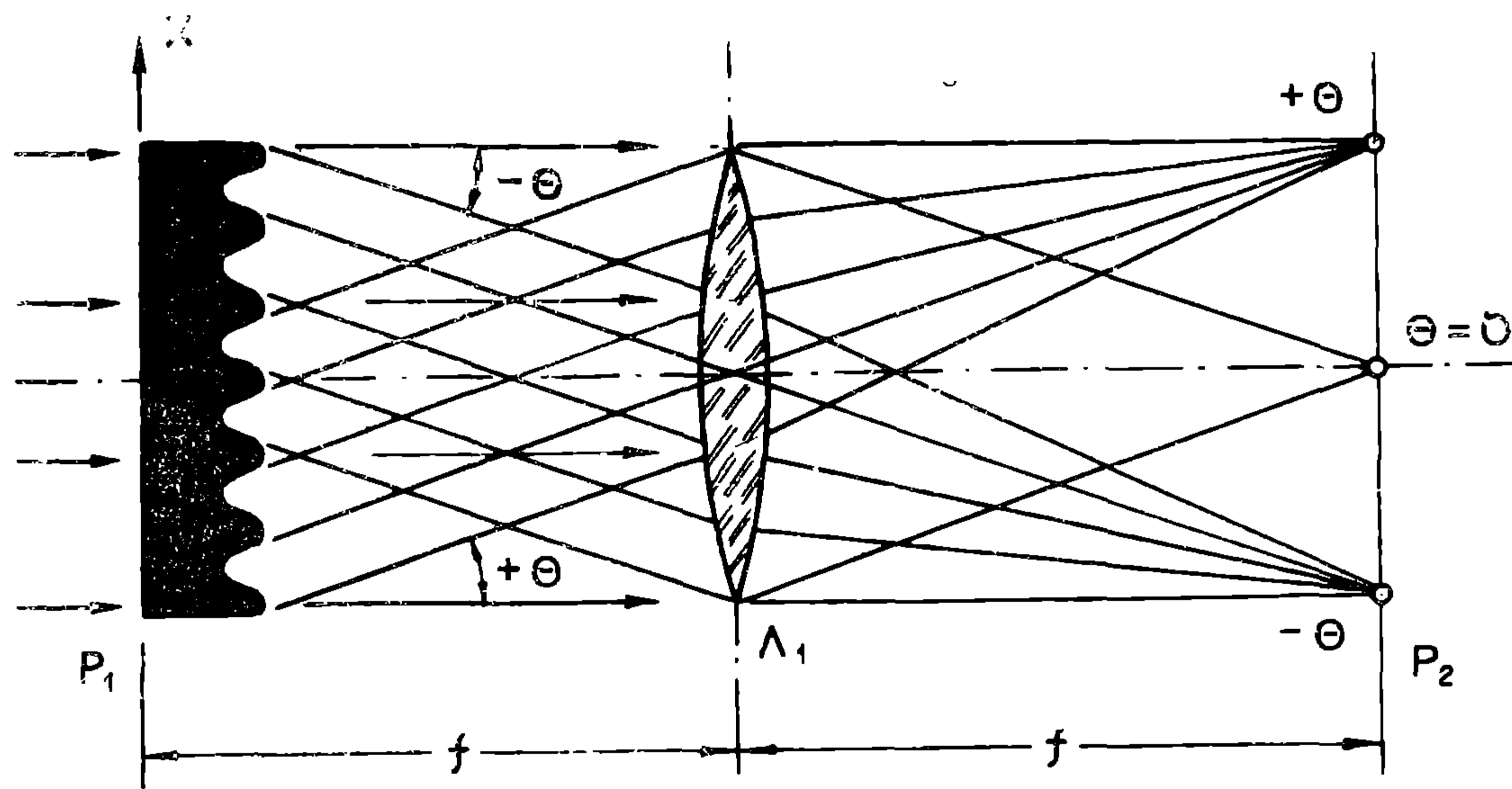


Рис. 7. Линза переносит спектр дифракционной решетки из бесконечности в заднюю фокальную плоскость

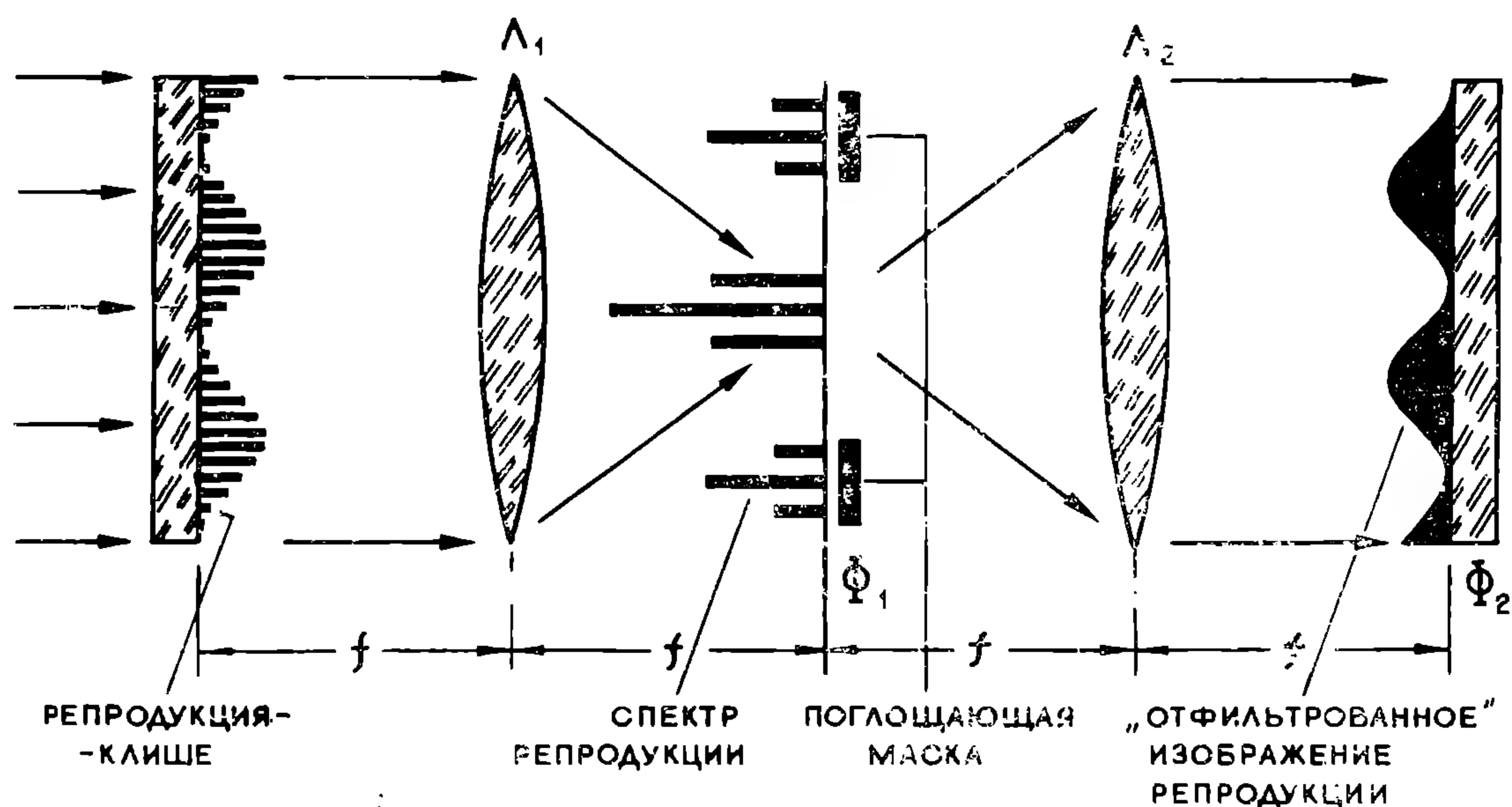


Рис. 8. Схема удаления сетки клише с тоновой репродукции

теперь эту операцию без ретушера (рис. 8). В спектре, образованном репродукцией, помещенной в виде диапозитива в параллельный пучок когерентного света, выделяются яркие полосы, соответствующие основному периоду сетки клише. Детали самой репродукции распределены в широком участке спектра. Световой поток от сетки поглотится, если в месте расположения ярких полос поместить поглощающую маску. При этом остальные участки спектра пройдут беспрепятственно. Отфильтрованный таким образом спектр можно преобразовать в изображение, для чего необходимо установить дополнительно еще одну линзу. Тогда в плоскости Φ_2 (см. рис. 8) мы увидим отфильтрованное изображение, которое не имеет точек клише и воспринимается гораздо лучше, чем первоначальное.

ДВУХЛУЧЕВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР

Итак, принципиальная схема «замораживания» световой волны, отраженной от предмета, состоит в записи амплитудной и фазовой информации с помощью пространственной несущей. Как же получить пространственную несущую и каким образом осуществить модуляцию?

Для этого необходимо «обратить» процесс, рассмотренный нами выше. Действительно, если синусоидальная дифракционная решетка, помещенная в пучок когерентного моно-

хроматического света, образует две боковые составляющие, то для осуществления обратного процесса, сводящегося к нанесению пространственной несущей, требуется направить на фотографическую пластинку две плоские волны, падающие на нее под углом $+\Theta$ и $-\Theta$ (рис. 9). При наложении световых волн от двух пучков на фотографической пластинке возникает картина интерференции волн. Свет, используемый здесь для получения пространственной несущей, также является когерентным, и картина интерференции будет сохраняться стабильной в течение всей экспозиции.

Интерференцию волн можно пояснить простыми наблюдениями над состоянием поверхности воды, когда в воду бросают два камня. Образуется две системы концентрических кругов волн с впадинами и выступами. На некоторых участках впадина совпадает с выступом и волны погасаются, образуя спокойную поверхность. На других участках усилятся либо впадины, либо выступы. Возможны и промежуточные случаи.

Как всегда бывает с крупными изобретениями или открытиями, идея, дающая ключ к решению, оказывается предельно проста (см. рис. 9). Мы видим, что метод получения пространственной несущей также необычайно прост, и благодаря этому он может показаться вначале непонятным. Чтобы получить голограмму, т. е. чтобы запи-

сать при помощи пространственной несущей амплитудную и фазовую информацию, достаточно в один из пучков когерентного света поместить изучаемый предмет в виде диапозитива (рис. 10). Регулярность и однородность пространственной несущей нарушатся. Если предмет создает только амплитудную модуляцию света, то интерференционные полосы на голограмме Г останутся на своих местах, и изменится только высота профиля: почернение станет неоднородным. Если же предмет вызывает только фазовую модуляцию света (т. е. в нашем примере камни в воду падают неодновременно), то интерференционные полосы сместятся, а почернение их останется прежним.

В общем случае предмет создает как амплитудную, так и фазовую модуляцию, и мы уже убедились, что каждая из них не влияет одна на другую. Это исключает возможность неоднозначной расшифровки модуляции пространственной несущей.

Впервые с нарушением регулярной структуры дифракционной решетки столкнулись оптики в эпоху бурного развития спектрального анализа, когда решетку стали повсеместно использовать для изучения спектров. Штрихи в некоторых местах наносились неравномерно, и в наблюдаемых спектрах появлялись ложные линии и полосы, которые были названы «духами», так как очень трудно было выяснить причину их появления, и еще труднее было их полностью устранить. Теперь, спустя более полувека, эти же «духи» начали играть положительную роль.

После того, как пространственная несущая изменила свою регулярность и приняла амплитудную и фазовую информацию о рассеянной волне, можно считать, что первая часть проблемы «замораживания» волны решена.

Процесс «размораживания» оказывается еще более простым. Предмет убирается, и голограмма, полученная после проявления фотопластинки,

освещается тем же источником света. Возникают «духи». Волна, замороженная в голограмме, выпорхнет как птица из клетки, и начнет распространяться дальше, как ни в чем не бывало. Световая волна достигнет глаза, и мы увидим предмет, который уже давно убрал.

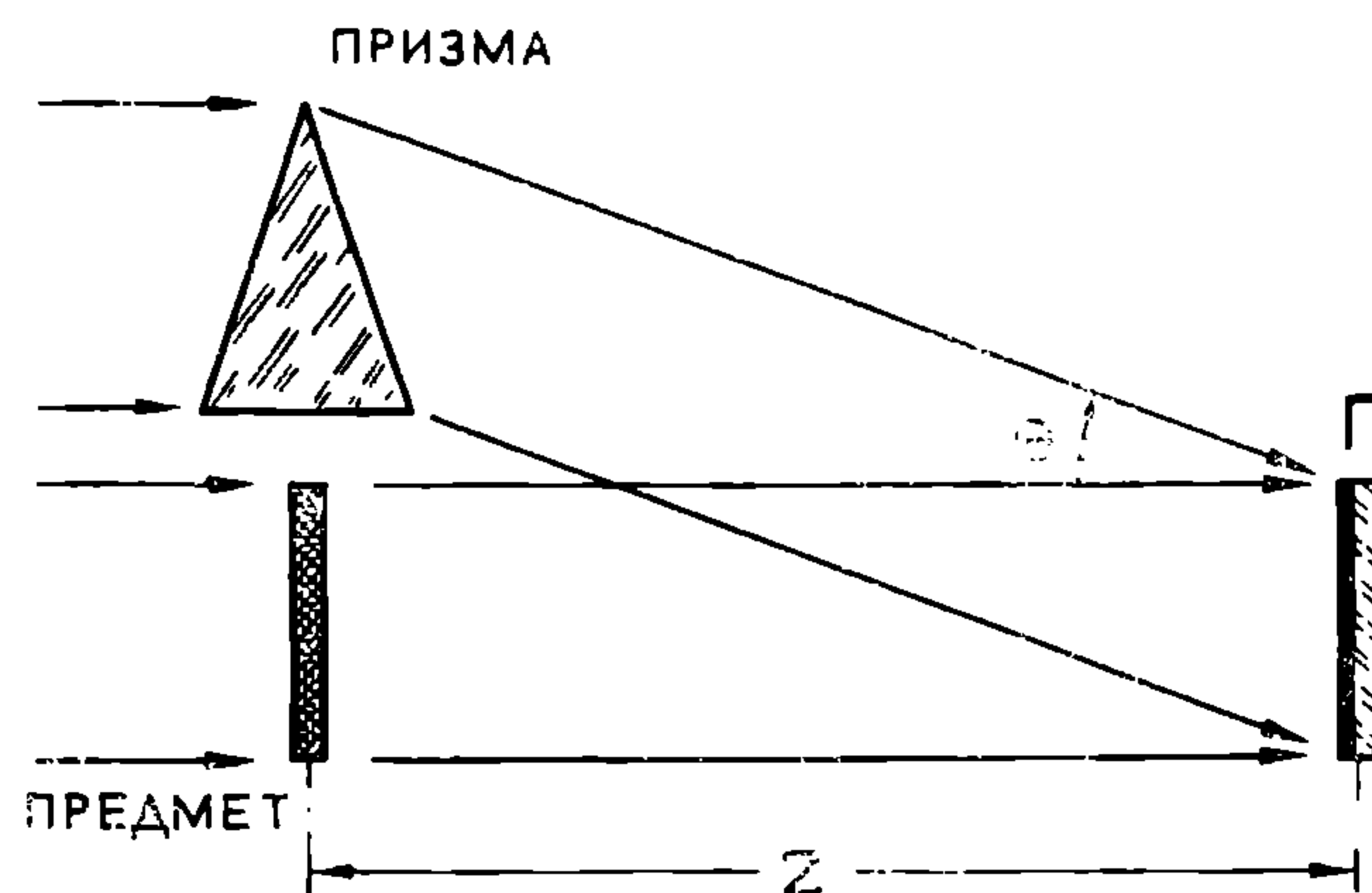


Рис. 10. Схема двухлучевого интерферометра

Подобная схема «размораживания» волны изображена на рис. 11. Пучок когерентного света падает на голограмму Г, и в плоскостях P_1 и P_2 образуется четыре изображения. Такое обилие изображений связано с тем, что из голограммы выпорхнет не одна «птичка», а две, летящие в противоположных направлениях и создающие два изображения: одно — действительное, а другое — мнимое. Благодаря симметрии дифракционной решетки, возникнут две симметричные картины. И таким образом получают четыре изображения. При нормальном распространении рассеянной волны от предмета мы видим его таким, каков он в действительности.

Картина перемещения фронта волны обусловлена распространением возмущений на соседние точки пространства. Возмущение, естественно, распространится как вперед, так и назад. Однако возмущения, распространяющиеся назад, гасятся, взаимодействуя со своим начальным возмущением, из которого оно возникло. Поэтому фронт волны следует за возмущением, распространяющимся вперед, так как оно не встречает никакого начального возмущения: оно гасится первым эшелонем фронта волны, ушедшим вперед.

Когда же происходит «размораживание» волны, зашифрованной в голограмме, то

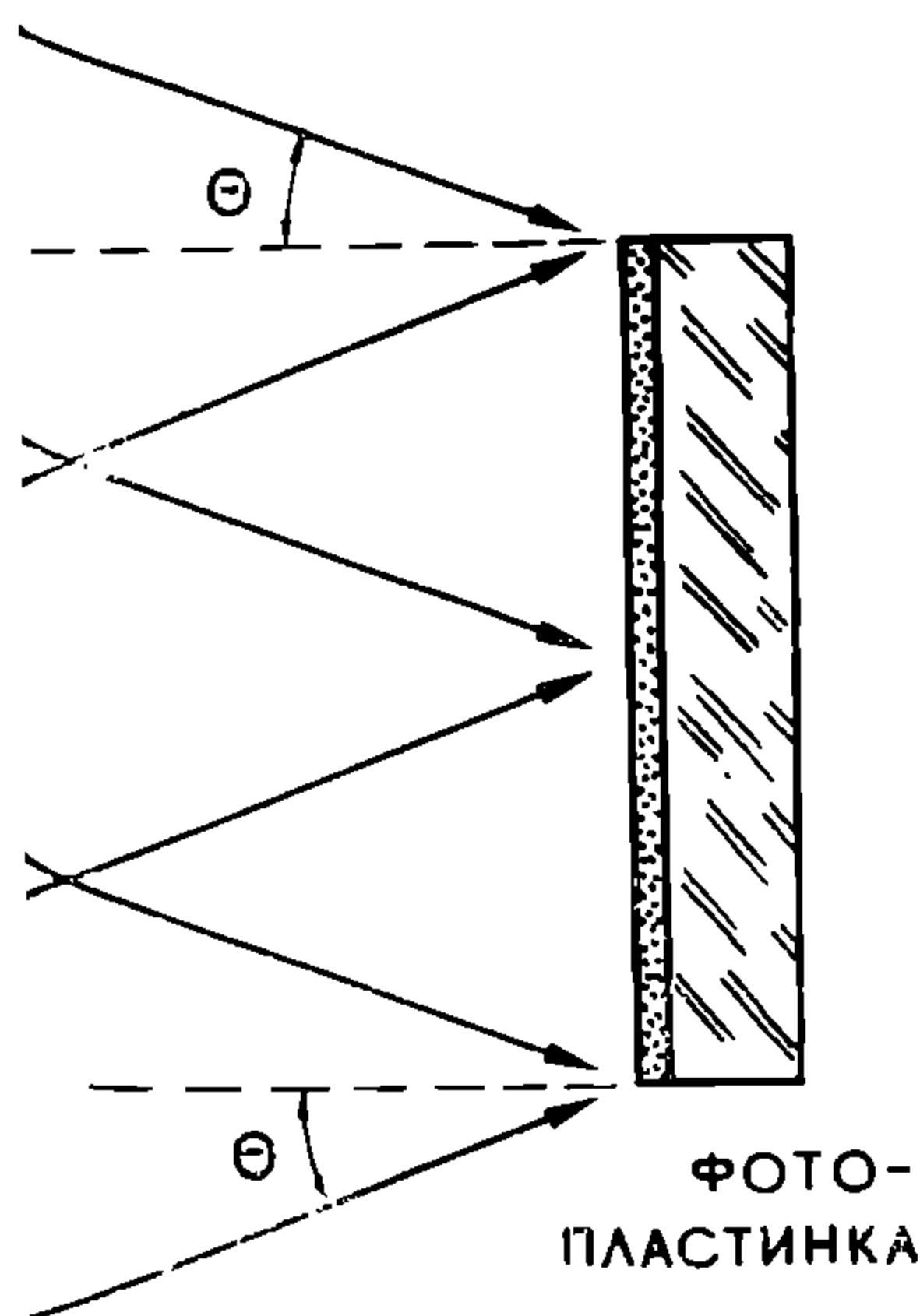


Рис. 9. Схема нанесения пространственной несущей

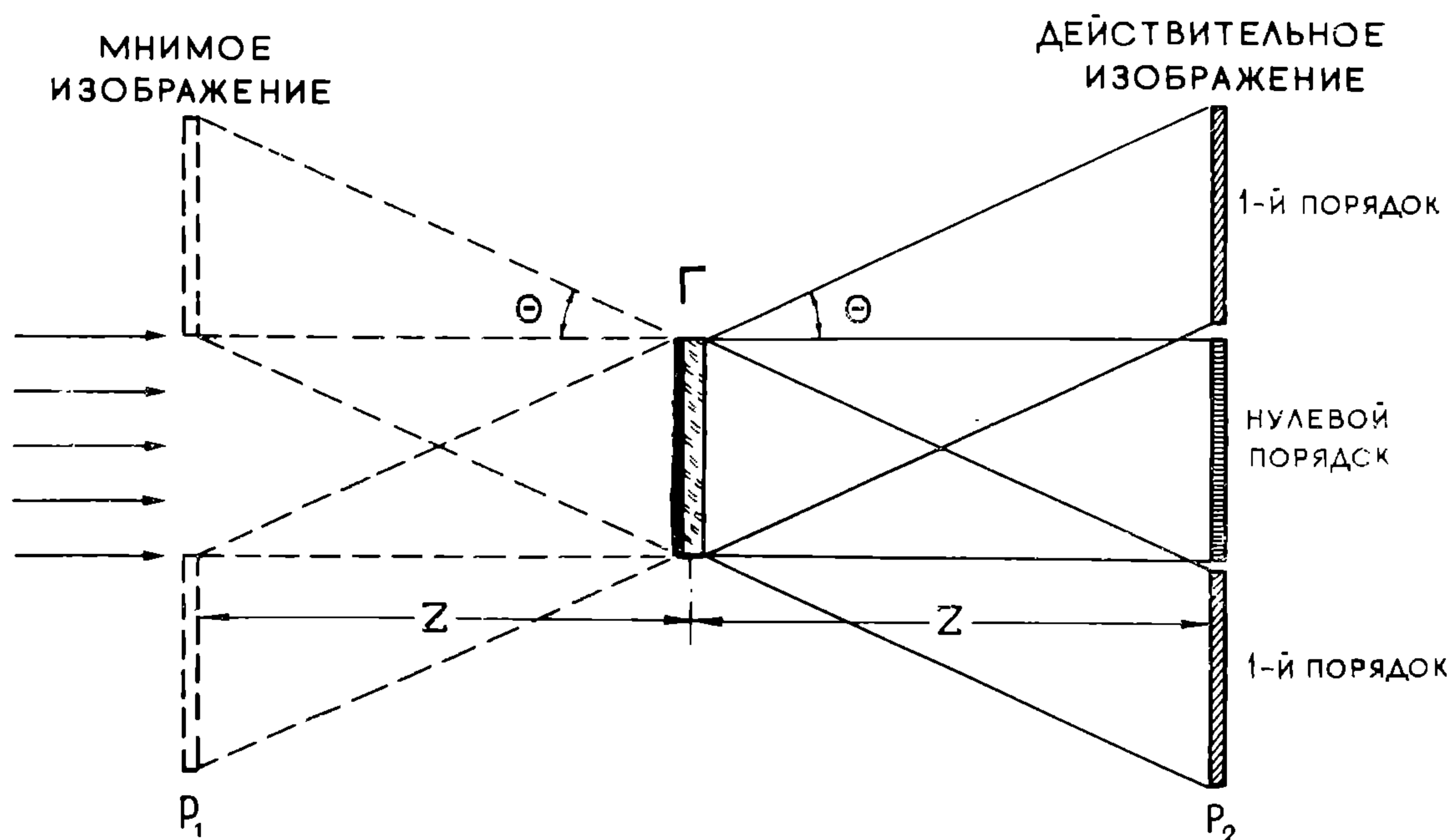


Рис. 11. Процесс восстановления по голограмме Г, полученной в двухлучевом интерферометре. Восстановленное изображение высокого качества расположено на месте дифракционных спектров первого порядка

никакого начального возмущения не существует, и волна распространяется как в «прошлое» — в сторону предмета, так и в «будущее» — в виде расходящихся волн. В первом случае образуется действительное изображение, которое сфокусируется на пластинку, во втором случае получается мнимое изображение, наблюдать которое нужно с помощью собирающей линзы.

Интересная особенность всех изображений, получаемых с помощью голограммы, состоит в том, что они образуют позитив оригинала. Это свойство сохранится, даже если голограмму перепечатать, т. е. изготовить негатив голограммы. Восстановленные изображения остаются теми же позитивами оригинала.

Первые успешные опыты с двухлучевым интерферометром послужили толчком к изучению других, более сложных проблем, например «замораживания» цветных предметов, или наложения нескольких голограмм на одну фотопластинку при повторных экспозициях, а также использования сильно расходящихся когерентных пучков.

Если предмет поместить в сильно расходящийся пучок лазера, то это создаст расширение угла зрения, или, иначе, увеличе-

ние изображения. Такое устройство можно назвать безлинзовым микроскопом (!). В первой конструкции безлинзового микроскопа был достигнут коэффициент увеличения $\times 150$ при качественной передаче всех деталей предмета.

Безлинзовая оптика, работающая с помощью голограммы, связана с интересными парадоксами. Расскажем о некоторых из них.

ПАРАДОКС МОЛОЧНОГО СТЕКЛА

Схему двухлучевой голограммы, изображенной на рис. 10, можно несколько видоизменить, заменив призму (рис. 12, А), создающую пересекающиеся когерентные пучки, либо системой двух зеркал (рис. 12, Б), либо линзой, призмой и точечным отверстием (рис. 12, В). Качество изображения при этом улучшится. Наиболее интересное видоизменение состоит в следующем. Между источником света и предметом поместим диффузный элемент, например молочное стекло. Предмет теперь освещается рассеянным светом. Сохранится ли здесь когерентность? Свет, идущий от молочного стекла, распространяется во многих направлениях, и кар-

тина поля становится очень сложной и запутанной. Поэтому и когерентность может исчезнуть. Однако если внимательно посмотреть, то станет ясно, что пагубных для когерентности перерывов в работе вторичных источников света, расположенных на молочном стекле, нет. Также отсутствуют случайные задержки света в различных участках световой волны. Поэтому согласованность в сложном поле светового излучения должна остаться. Этот вывод подтверждается результатами опытов.

Двухлучевая голограмма, полученная при диффузном освещении, восстанавливается тем же путем, что и раньше, но изображение при этом приобретает интересные свойства. Теперь голограмму можно рассматривать визуально, без помощи окуляра или матового стекла. Голограмма при диффузном освещении становится совершенно однородной, всегда имеет одинаковую структуру, независимо от предмета. Круги, кольца и другие детали, видимые на голограмме, возникающие от частичек пыли, попадающих в эталонный пучок, никакого «вклада» в изображение не дают и несколько его не искажают.

Интересная особенность голограммы, полученной при диффузном освещении, состоит в том, что ее можно разбить на куски, и каждый из них может восстановить предмет без ущерба. Это происходит потому, что любой элемент предмета разбрасывает свет на всю поверхность голограммы. Правда, по мере уменьшения фрагмента четкость изображения постепенно ухудшается, так как сокращается объем информации о предмете, но это уменьшение происходит не очень быстро.

Наконец, самое ценное, с практической точки зрения, свойство голограммы с диффузным освещением состоит в том, что любые локальные несовершенства оптики, например царапины, пыль на голограмме, не сказываются на качестве восстановленного изображения. Голограмму можно поцарапать, брать небрежно руками, но это несколько не повредит самому изображению.

ОТБЕЛЕННАЯ ГОЛОГРАММА

Что произойдет, если голограмму, полученную после проявления фотопластинки, поместить в отбеливающий фотохимический раствор? Процесс отбеливания сейчас широко известен всем кино- и фотолюбителям, занимающимся изготовлением диапозитивных снимков и кинофильмов. При отбели-

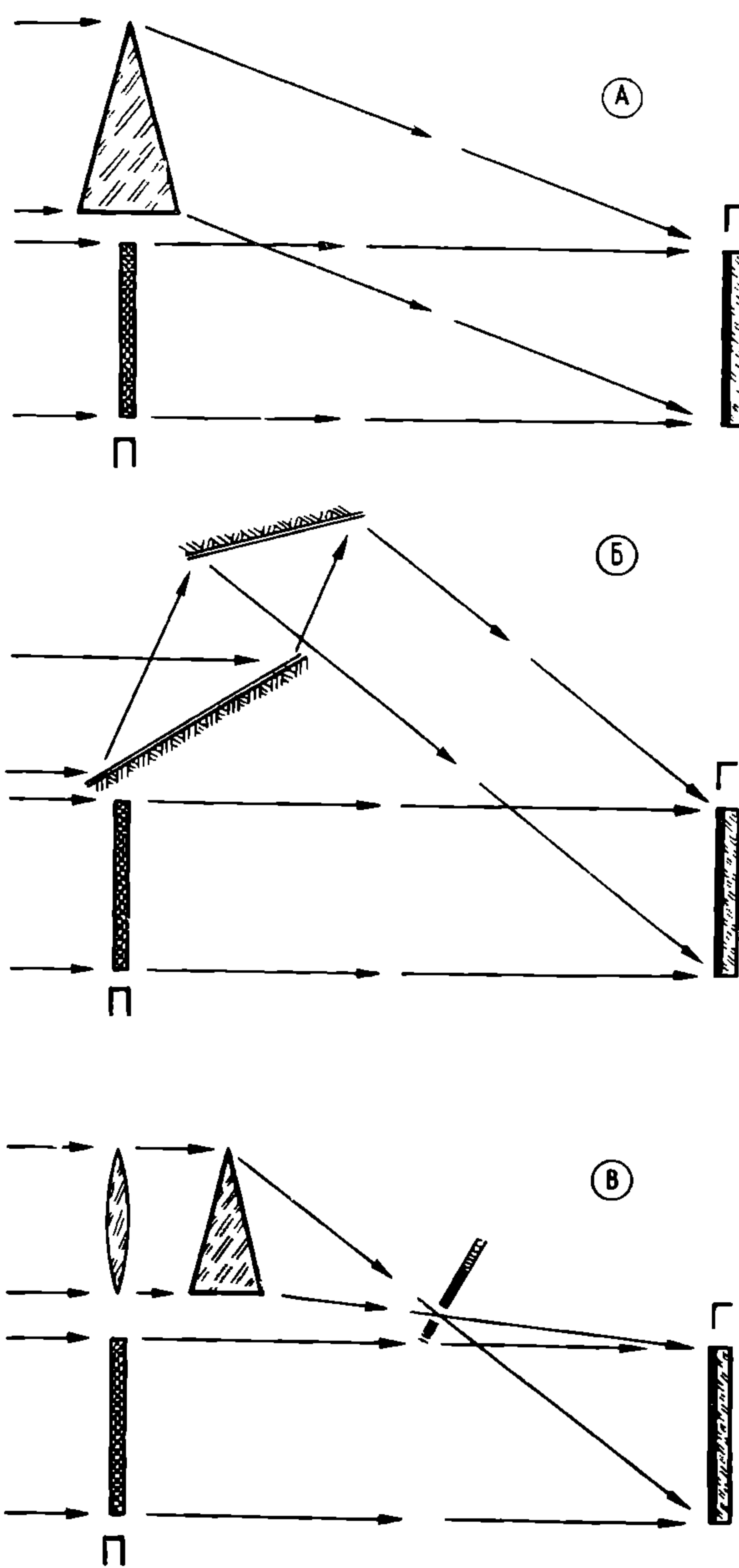


Рис. 12. Различные схемы получения эталонного пучка в интерферометре при помощи призмы (А), двух зеркал (Б) и линзы, призмы и точечного отверстия (В)

вании черно-белой пленки растворяется металлическое серебро. Оставшиеся кристаллы бромистого серебра проявляются во втором проявителе, в результате чего возникает дополнительное или обращенное изображение.

Представьте себе, что вашу пленку, хорошо снятую и удачно проявленную, еще

раз опустят в отбеливающую ванну. Драгоценное изображение пропадет, и на пленке не останется ничего, кроме прозрачного желатина.

В противоположность обычному диапозитиву голограмма весьма стойка. Оказывается, что «замороженная» волна не уйдет в отбеливающий раствор, и если поместить отбеленную голограмму в пучок когерентного света, мы увидим хорошее и очень яркое изображение предмета.

В чем причина стойкого «иммунитета» голограммы? На прозрачной отбеленной голограмме останутся навсегда следы «замороженной» волны в виде слабых углублений в желатинном слое, расположенных там, где было много металлического серебра. Эти углубления, изменяя суммарный коэффициент преломления желатинного слоя, создают фазовую модуляцию света в процессе восстановления.

Итак, новая фазовая модуляция заменяет как амплитудную модуляцию, глубина которой определяется глубиной впадин в желатинном слое, так и фазовую, которая определяется расположением впадин. Так как поглощение света в отбеленной голограмме отсутствует, то изображение предмета оказывается более ярким, чем при обычной голограмме.

ТРЕХМЕРНАЯ ФОТОГРАФИЯ

Теперь, к концу нашего рассказа, можно перейти к трехмерной фотографии без помощи линзы. Схема получения трехмерной голограммы вытекает естественным образом

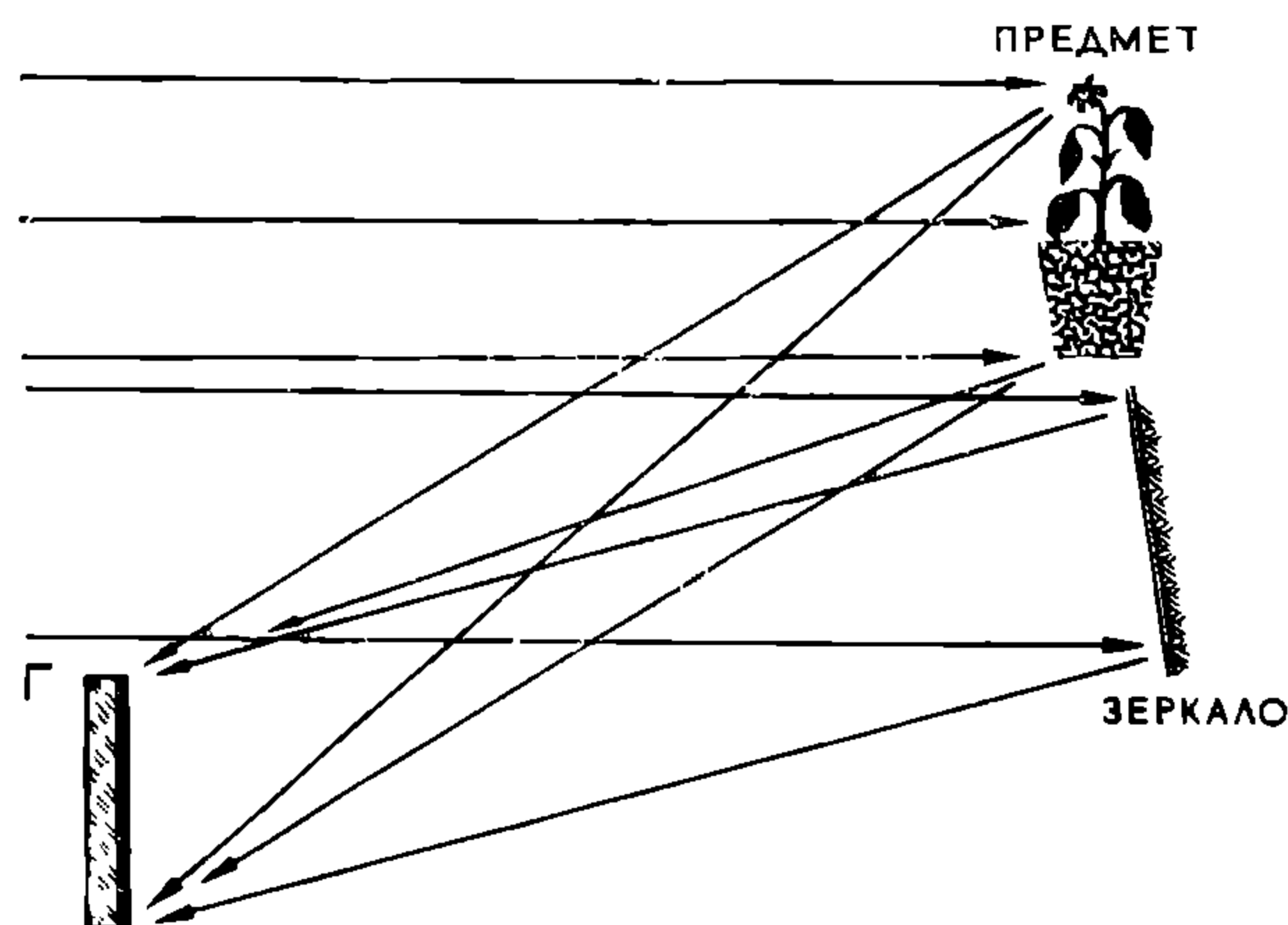


Рис. 13. Схема получения голограммы трехмерного предмета

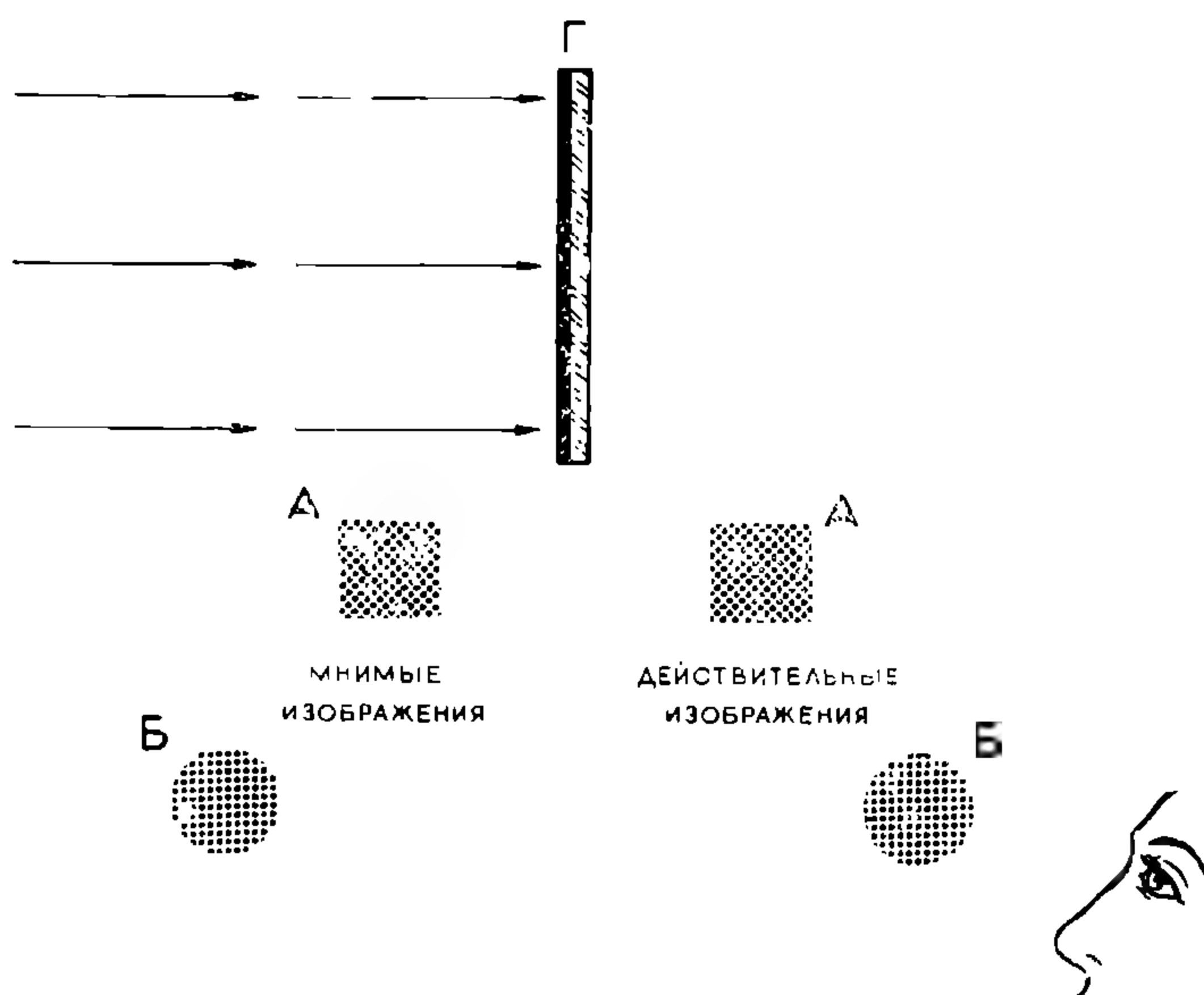


Рис. 14. Расположение предметов, восстановленных при помощи голограммы, при мнимом и действительном изображении

из свойств голограммы при диффузном освещении, описанных выше. Когерентный источник света освещает трехмерный предмет (рис. 13). Свет, отразившийся от предмета, достигает фотопластинки, которая располагается на некотором удобно выбранном расстоянии от предмета. Высококачественное зеркало, устанавливаемое рядом с предметом, отражает часть когерентного пучка, образуя эталонный пучок. Благодаря широкому динамическому диапазону голограммы и возможности наложения нескольких голограмм от предметов, находящихся в разных местах, создается общая картина искажения несущей голограммы, вбирающей всю информацию о предмете, включая его объемные очертания.

Восстановление трехмерного предмета производится путем помещения голограммы в пучок когерентного света. Изображение висит в воздухе. Пространственный эффект, который обычно достигается двумя стереофотографиями, получается здесь с помощью только одной голограммы. Восстановленный трехмерный предмет дает дополнительные эффекты, которые с помощью обычной стереофотографии принципиально не могут быть получены. Например, если наблюдатель сдвинет голову, то перспектива изображения изменится. Сохранится эффект параллакса, т. е. при смещении точки наблюдения близкие элементы предмета сдвинутся

больше, чем далекие. Если один предмет, расположенный ближе к наблюдателю, закрывает другой предмет, находящийся сзади, то, изменив точку наблюдения, можно, как в реальной действительности, заглянуть за первый предмет и увидеть то, что находится за ним.

Восстановленное трехмерное изображение можно сфотографировать обычной фотокамерой. В этом случае на снимке, так же, как и в натуре, проявится эффект глубины резкости. Для получения нужной глубины резкости объектив камеры необходимо соответствующим образом задиафрагмировать.

Действительное изображение, в основ-

ном идентичное с мнимым, обладает весьма любопытным свойством. Если наблюдатель рассматривает мнимое изображение, то предмет А расположен перед предметом Б и, когда оба предмета находятся на одной прямой, предмет А закрывает предмет Б, как это должно быть в действительности (рис. 14). При рассмотрении действительного изображения наблюдатель находится в положении, показанном на рис. 14. В этом случае предмет Б располагается ближе к глазу, чем предмет А. Стоит наблюдателю подвинуть свою голову, как параллакс предметов А и Б будет соответствовать их новому расположению. Любопытное свойство действитель-

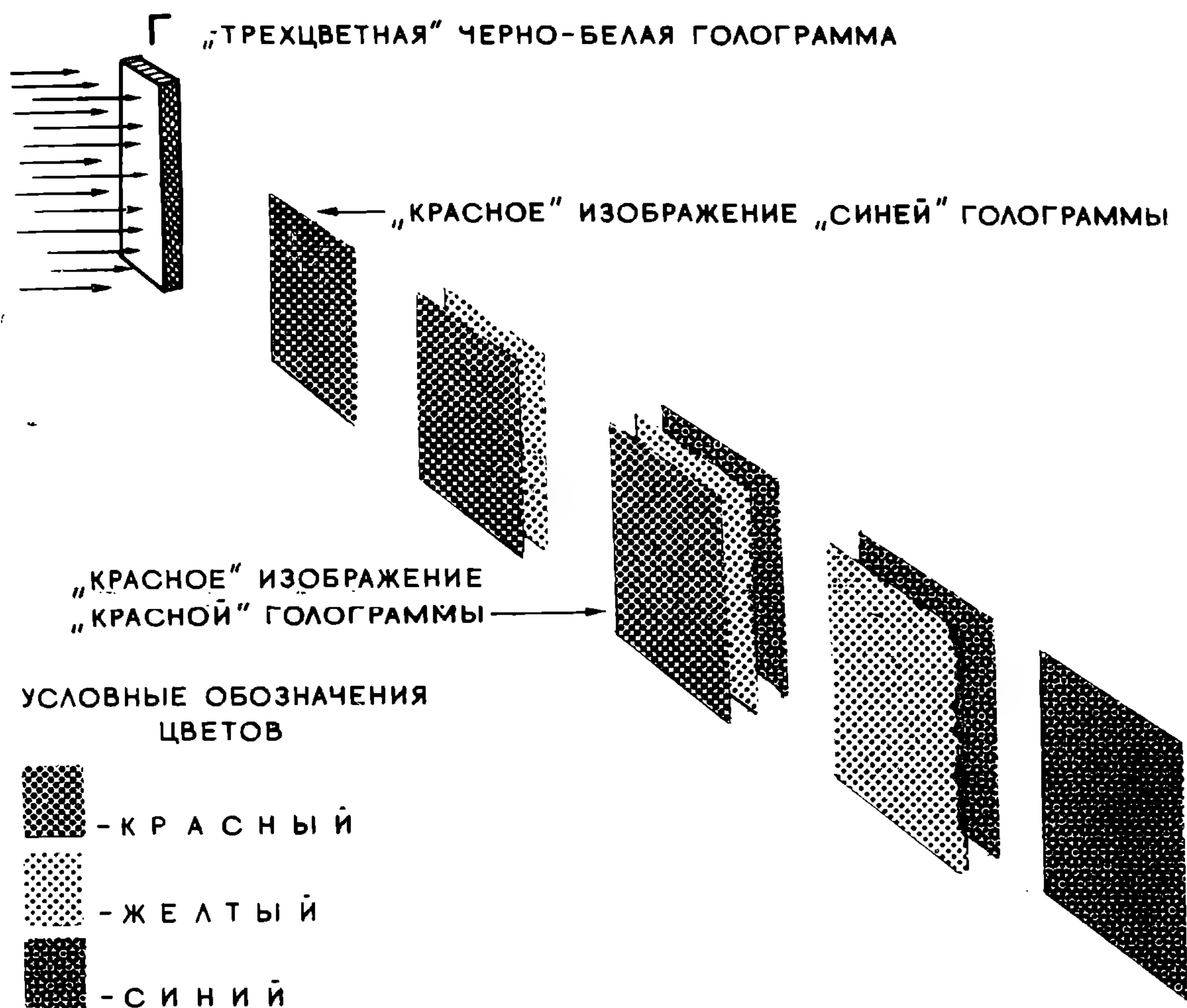


Рис. 15. Схема восстановления предмета при помощи трехцветной голограммы на черно-белой фотопластинке. Используются три когерентных источника основных длин волн: красный, желтый и синий

ного изображения состоит в том, что когда предметы А и Б выстраиваются в одну линию, то закрывается предмет А, а не Б (!). Ближайший предмет исчезает, а второй, дальний, предмет появится сквозь просвет, образующийся при исчезновении ближнего предмета. Поистине, фантазия Г. Уэльса меркнет перед этими удивительными свойствами голограммы.

Получить голограмму трехмерного предмета в отраженном свете можно только тогда, когда когерентность пучка сохраняется на длине, большей, чем максимальная разность путей света между эталонным пучком и пучком, идущим от предмета. Таким образом, глубина сцены не может быть больше, чем когерентная длина источника света.

ТРЕХЦВЕТНАЯ ТРЕХМЕРНАЯ ФОТОГРАФИЯ

Используя технику наложения нескольких голограмм, можно получить трехцветную голограмму на одной пластинке. В одном из возможных вариантов предмет освещается тремя лазерами с различной длиной волны. Три зеркала располагаются рядом с предметом так, что каждое из них получает свет только от одного лазера, а все отраженные от зеркал пучки направляются на одну фотопластинку. Голограмма при этом получается на обычной черно-белой фотопластинке.

Чтобы восстановить объемный трехцветный предмет, голограмма помещается в то же самое положение, которое она занимала при экспозиции, и освещается пучками от тех же трех лазеров. Каждый пучок при прохождении через «трехкомпонентную» голограмму создаст три изображения. Всего от трех пучков получится девять действительных и девять мнимых изображений. Три изображения из девяти точно совпадут

(рис. 15), восстанавливая цветное объемное изображение предмета. Остальные изображения, например «красное», восстановленное от «синей» компоненты голограммы, расположатся в других местах, не мешая основному изображению.

* * *

Удивительные и ценные свойства безлинзовой оптики, получившей название голографии, впервые продемонстрировали в 1964 г. в одном из институтов Мичиганского университета (США) Эммет Лейт и Джурис Упатникс. Им удалось фактически возродить и осуществить идею Дэнииса Габора о двухступенчатом процессе фотографирования без линз, высказанную 20 лет тому назад.

Метод голограммы несомненно заинтересует физиков, биологов и оптиков. В последнее время подробно описано устройство и теория безлинзового микроскопа. Совсем недавно были сняты объемные кинофильмы на 35-миллиметровой пленке. Метод голографии используется для замораживания положения многих мелких частиц в жидкости. Его успешно используют для обнаружения слабых колебаний легких предметов. Голограммой удастся также устранить аберрацию оптических приборов.

Что касается использования голографии в телевидении, то сейчас это абсолютно невозможно. Причина в том, что для голографии требуется пространственное разрешение в один микрон, что во много раз меньше разрешения, определяемого полосой пропускания телевизионного канала. Чтобы удовлетворить требованиям голографии, полосу пропускания телепередач необходимо расширить в несколько десятков раз.

УДК 535.44.535.80



И. В. Зыков
СОБОЛИНЫЙ СЛЕД

Кемеровское книжное изд-во, 1965,
153 стр., ц. 39 коп.

Родной природе Кузбасса посвятил автор этот любопытный сборник рассказов. Живая природа, которую досконально изучил автор, — это для него не только источник эстетического наслаждения. В первую очередь —



это мастерская, в которой человек одновременно и хозяин и работник. Одна мысль красной нитью проходит через все его рассказы: если человек по-настоящему любит природу, бережно к ней относится, умно, по-хозяйски использует ее богатства, — то и сам он становится духовно богаче и чище. Этому посвящены рассказы «Лебединое озеро», «Журавлиный починок» и др. В сборник вошли и

рассказы, показывающие, как уродлив человек-потребитель, который грабит природу. Таков хищник-браконьер из рассказа «У барсучьей норы». Последний раздел книги посвящен тому, как человек преобразует природу, как украшает и обогащает ее.

Несомненная польза от этой небольшой книжки в том, что она учит любить родную природу, ценить ее красоту и богатство.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО АВТОМАТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ

С 20 по 25 сентября 1965 г. в Одессе и на борту парохода «Адмирал Нахимов» проходило Третье всесоюзное совещание по автоматическому управлению (технической кибернетике). Совещание было организовано Академией наук Союза ССР, Национальным комитетом СССР по автоматическому управлению Международной федерации по автоматическому управлению. В совещании приняли участие более тысячи представителей научных и промышленных организаций 14 союзных республик и 83 городов Советского Союза. Активно участвовали в этом своеобразном и интересном форуме также иностранные ученые, прибывшие из Австрии, Болгарии, Великобритании, Венгрии, ГДР, Италии, Китая, Норвегии, США, Финляндии, ФРГ, Чехословакии, Швеции и Японии.

За 12 лет, прошедших после Второго всесоюзного совещания, наукой об автоматическом управлении достигнуты большие успехи. Появился ряд новых научных направлений, таких, как адаптивные и самонастраивающиеся системы, большие системы, теория надежности, теория автоматов и др. Широкое распространение приобрели статистические методы в теории автоматического управления; появились новые виды технических средств автоматизации, существенно пополнившие технический арсенал систем автоматического управления. Таковы полупроводниковые элементы, магнитные усилители, элементы пневмоавтоматики, цифровые элементы.

Наука об управлении, превратившаяся в обширное научное направление — техническую кибернетику, ведет нас к пониманию новых явлений, помогает глубже проникнуть в изучение других смежных наук, позволяя, например, лучше понять высокую нервную деятельность человека. Автоматическое управление тесно переплетается в настоящее время с такими науками, как математика, физика, химия, биология, экономика и др., наглядно демонстрируя развивающуюся тенденцию взаимного проникновения наук на современном этапе.

Об одной из практически наиболее важных связей — о связи автоматического управления с экономическими науками — говорил в своем докладе «Автоматическое управление и экономика», прочитанном на

пленарном заседании, акад. В. А. Трапезников. Докладчик остановился на двух аспектах темы.

Первый аспект — широкое внедрение методов технической кибернетики в управление промышленностью и сельским хозяйством, в экономические исследования. Результаты этой группы исследований, вызвавшие живой интерес, были доложены на секциях «Применение вычислительной техники для управления производством», «Большие системы», «Устройства для автоматизации производственных процессов» и др. Доклады и обсуждения показали четко выразившуюся тенденцию к комплексному использованию средств автоматического управления для решения крупных производственных задач. Эти методы все больше и больше входят в арсенал средств экономических разработок. Особое значение здесь приобретают подробно обсуждавшиеся на секции «Большие системы — методы сетевого планирования».

Второе важное положение доклада акад. В. А. Трапезникова — это необходимость глубокого учета экономических факторов при разработке и внедрении автоматических средств управления. Многочисленные примеры, приведенные в докладе, показывают, как увлечение «модной» автоматизацией без серьезного экономического анализа ведет к излишнему росту капитальных затрат с излишне большими сроками окупаемости. Докладчик остановился также на необходимости

сти тщательного анализа качества управления при внедрении средств автоматизации, комплексного использования средств вычислительной техники на основе достаточно эффективных упрощенных алгоритмов управления.

Большой интерес у присутствующих вызвал доклад «Адаптация, обучение и самоорганизация в автоматических системах», прочитанный проф. Я. З. Цыпкиным.

Вопросы теории и практики построения автоматических систем, способных изменять алгоритмы управления при изменении внешних условий (адаптивные системы), систем, способных обучаться и выбирать оптимальный в каком-то смысле режим при наличии внешних, заранее неизвестных возмущений, имеющих стохастический характер, и, наконец, систем, способных принимать решения, близкие к оптимальным, при отсутствии полной информации, — все эти вопросы имеют в настоящее время большое значение и волнуют широкие круги научной и инженерной общественности. С интересом обсуждались они на секциях «Оптимальные системы», «Самонастраивающиеся системы», «Распознавание образов», «Релейные устройства и конечные автоматы», «Применение оптимальных и самонастраивающихся систем».

В своем докладе проф. Я. З. Цыпкин показал глубокую связь и единство этих, как казалось ранее, достаточно автономных направлений, показал, что весь круг вопросов, связанных с адаптацией, самоорганизацией и обучением, укладывается в рамки общей теории, сформулировал основные математические положения такой теории.

Наряду с новыми, быстро развивающимися разделами технической кибернетики, такими как распознавание образов, теория автоматов и др., на совещании активно работали и секции по «классическим» разделам теории и техники автоматического управления — это секции «Многосвязные и инвариантные системы», «Нелинейные системы», «Дискретные системы» и др. Наряду с развитием управляющих систем в докладах был сформулирован и ряд новых подходов к изучению обсуждаемых вопросов. Большой интерес и оживленную дискуссию вызвал, например, доклад Ю. И. Алимова, в котором рассматривались вопросы оптимизации системы управления по статистическим критериям точности.

Большое внимание на совещании было также уделено созданию новых элементов

для управляющих систем и надежности этих систем. Обсуждались как вопросы совершенствования элементов и повышения их надежности (доклады Б. С. Сотскова, Н. П. Васильевой, О. А. Седых, В. Н. Трейера, Т. М. Воробьевой и др.), так и вопросы надежности систем в целом. При этом рассматривались как теоретические вопросы структурной надежности, резервирования и избыточности, так и практические инженерные методы повышения надежности разрабатываемых систем.

Интересной формой обсуждения, широко практиковавшейся на совещании, были так называемые дискуссии за круглым столом, проходившие очень активно и вызвавшие большой интерес у участников. На этих дискуссиях участники совещания обменялись мнениями по такой важной проблеме, как разрыв между теорией и практикой.

Вопросы, поднятые в дискуссиях, явились затем предметом интенсивного обсуждения в свободное от заседаний время. Этому способствовало и то, что участники совещания в течение всего времени его работы находились на борту парохода и фактически не отрывались от этого форума. Зарубежные ученые, сделавшие ряд докладов, также принимали живое участие в дискуссиях. В частности, с интересным докладом о применении полупроводниковых и магнитных элементов в США выступил доктор Стоун. С интересными докладами, посвященными распознаванию образов и работам в области, граничной с биологией и психологией, выступили американские ученые Заде, Гелертнер, Маккарти и итальянский ученый Кайониелла.

В решении Совещания сформулирован ряд важнейших задач в автоматическом управлении на будущее. «Основной задачей, стоящей перед учеными и инженерами, работающими в области автоматического регулирования, — подчеркнуто в решении, — помимо всемерного развития новых перспективных направлений, является задача быстрого внедрения достижений науки в практику с целью всемерного повышения производительности труда, снижения себестоимости, повышения эффективности работы промышленных предприятий».

М. Г. Газа - Р а п о р т
Кандидат технических наук
Москва

УДК 62.52

АРХЕОЛОГИЯ СПОРИТ С ФИЗИКОЙ

СПОР О ДОСТОВЕРНОСТИ И ТОЧНОСТИ РАДИОУГЛЕРОДНОЙ ХРОНОЛОГИИ

Л. С. Клейн

*Ленинградский университет
им. А. А. Жданова*

Снова физики и лирики * Доказательства не пахнут * Радиоактивность ладьи фараона * Седой углерод * Кривая известных * Физика высказалась * Сокровища Приама



Рис. 1. Пирамида Снофру, из которой была взята древесина для первых измерений радиоуглеродным методом

«Физика и археология» — под таким названием вышла книга англичанина М. Дж. Эйткина, недавно переведенная на русский язык, и название это уже никого не удивляет. В наш век чудес техники математические методы и достижения естествоведения сплошным потоком хлынули в гуманитарную область знания, творчески ее активизируя, открывая новые перспективы, изменяя стиль.

Это в большой степени коснулось и археологии, наименее гуманитарной из гуманитарных наук: она изучает проявление и отражение идей и закономерностей развития общества в мире материальных вещей, легко доступных измерению и определению средствами естествознания. Не хроники и законы, не песни и предания встают перед глазами археолога, а пирамиды и амфоры, наконецники стрел и кремневые серпы — овеященная история.

Новое всегда на стыке наук. Новое в археологии — на границе с физикой, химией, биологией, математикой. И к этому мы уже стали привыкать. Но разве только в гуманитарных науках, только в археологии? А новое в естествознании, в физике?

Процесс взаимодействия естествознания (в частности, физики и химии) с гуманитарными науками (в частности, археологией) обычно представляют односторонне: физика или химия — дающая сторона, археология как наука гуманитарная — берущая.

Археологи раньше не могли до раскопок определить расположение вещей, скрытых под землей, — приходят физики с протонным магнитометром, пускают его в ход — и подают археологам готовый план скрытых сокровищ: вот здесь — развал печи, а там — скопление горшков, здесь — яма, а там — стена... Профессора-археологи раньше ве-

ли долгие споры об источниках импорта металла в той или иной культуре, но приходит лаборант в белом халате, проводит спектральный анализ — и спор решен.

При этом начисто отменяются некоторые общепризнанные среди археологов теории, рушатся красивые концепции, шатаются авторитеты — ничего не поделаешь. Лирики могут не любить физику, даже не ценить ее, но спорить с ней — не могут. Физика — наука точная, археология — нет. Если есть расхождение, значит ошибается археология.

А наоборот не может быть? Может ли археология поправить физику, внести в нее новое? Может ли археолог, опираясь на твердые выводы своей науки, добытые ее методами, в которых он уверен, выступить против тех или иных утверждений физиков? Возможно ли такое — археология спорит с физикой? Отрицательный ответ кажется неизбежным. И все же... Вглядимся пристальнее в один из участков на границе обеих наук — физики и археологии.

ОТКРЫТИЕ ЛИББИ

Вскоре после окончания второй мировой войны американец Уилард Фрэнк Либби опубликовал открытие, стяжавшее ему мировую славу и ныне увенчанное Гуггенгеймовской и Нобелевской премиями. Изучая взаимодействие искусственно получаемых нейтронов с атомами азота, Либби пришел к выводу (1946 г.), что и в природе должны происходить такие же ядерные реакции, как в его опытах: нейтроны, выделяющиеся под воздействием космических лучей в атмосфере Земли, должны поглощаться атомами азота, образуя радиоактивный изотоп углерода — C^{14} . Этот радиоактивный углерод примешивается в небольшом количестве к стабильным изотопам углерода C^{12} и C^{13} и вместе с ними образует молекулы углекислого газа, которые усваиваются организмами растений, а через них и животных, в том числе человека. Они должны быть как в тканях, так и в выделениях живых организмов.

Когда удалось (1947 г.) уловить слабую радиоактивность зловонных испарений метана из сточных вод Балтимора, это явилось первым подтверждением догадки Либби. Затем была установлена радиоактивность растущих деревьев, морских раковин и пр. (1948—1949 г.).

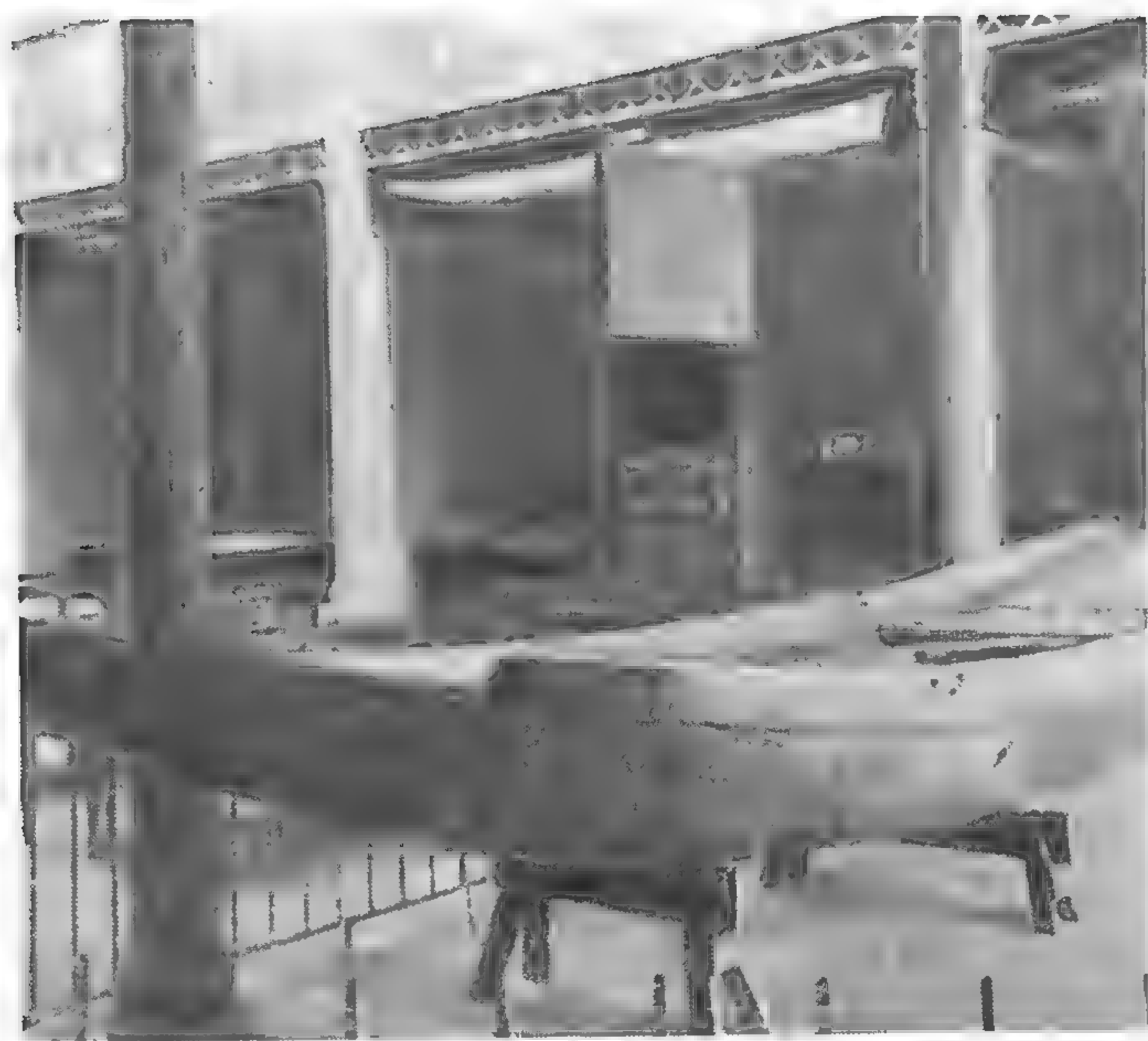


Рис. 2. Погребальная ладья фараона Сенусерта III в зале Чикагского музея. Ее радиоактивность оказалась именно такой, какую ожидал найти доктор Либби

Как и всякий радиоактивный элемент, радиоактивный изотоп углерода распадается с постоянной, характерной для него скоростью. Поэтому его концентрация в атмосфере и биосфере непрерывно убывала бы (по Либби вдвое за каждые 5568 лет), если бы убыль не пополнялась столь же непрерывным новообразованием C^{14} в атмосфере. Сколько убывает, столько и прибывает.

Но в эту удивительную взаимоуравновешенность и соразмерность природы врежется аккорд дисгармонии. Его вносит смерть. После смерти организма новый углерод в него уже не поступает (из воздуха — в тело растения, с питанием — в тело животного) и уменьшение концентрации C^{14} не восполняется — радиоактивность мертвого органического тела (трупа, древесины, угля и т. п.) неудержимо падает — и что самое важное — со строго определенной скоростью!

Значит, достаточно измерить, насколько уменьшилась удельная радиоактивность умершего организма по сравнению с живыми, чтобы определить, как давно этот организм перестал обновлять свои клетки — как давно срублено дерево, подстрелена птица, умер человек. Конечно, это нелегко: радиоактивность природного углерода очень слаба (даже до смерти организма — один атом C^{14} на 10 млрд. атомов нормального углерода).

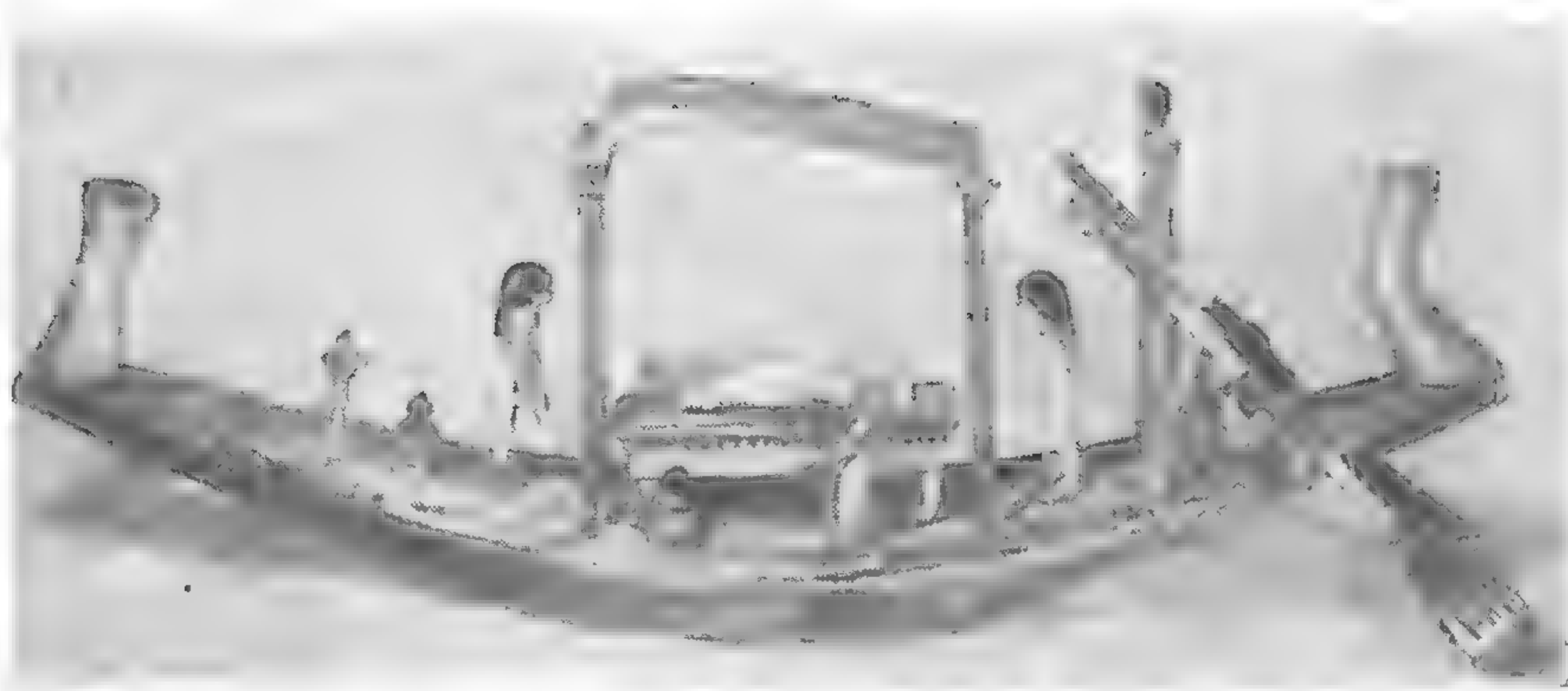


Рис. 3. Древняя деревянная модель погребальной ладьи времен фараона Сенусерта — так выглядела и сама его погребальная ладья почти 4 тыс. лет назад

Однако Либби разработал средства и приемы измерения и пересчета — так появился радиоуглеродный метод определения возраста древних объектов.

ФИЗИКА ПРИХОДИТ НА ПОМОЩЬ АРХЕОЛОГИИ

Физика пришла на помощь археологии в одном из самых трудных для нее вопросов — в построении неподвижной шкалы времени, абсолютной хронологии. Физика предложила археологии щепетильную точность неокругляемых цифр, безупречную строгость законов, формул и измерений, тончайшую технику прецизионных приборов.

Распад радиоактивного углерода происходит экспоненциально, т. е. с равномерно убывающей скоростью. Она была измерена Либби, и оказалось, что при отсутствии пополнения количество C^{14} уменьшается за каждые 80 лет на один процент (от количества, существовавшего в начале этих 80 лет), или за каждые 5568 лет вдвое (по отношению к началу этого отрезка). Значит, спустя 5568 лет после смерти организма концентрация C^{14} в нем должна составлять половину концентрации C^{14} в живом организме, спустя 11136 лет — одну четверть, спустя 16704 лет — одну восьмую и т. д.

Первую проверку радиоуглеродный метод выдержал в Египте, где письменная история уходит наиболее глубоко в прошлое. Из папирусов было

известно, что фараоны Джосер и Снофру умерли примерно в 2700 и 2625 гг. до н. э., т. е. около 4650 и 4575 лет тому назад — чуть меньше периода полураспада C^{14} . Археологи вручили физикам куски дерева из гробниц этих фараонов (рис. 1). Если метод верен, то удельная радиоактивность этого дерева должна оказаться чуть больше половины активности растущего дерева. Поскольку в растущем дереве, как показали счетчики, в минуту распадается в среднем 12,5 атома на грамм углерода, в мертвом дереве из гробниц следовало ожидать больше 6,25 распада в минуту; по более детальным вычислениям рассчитывали получить 7,15. Приборы насчитали 7,04 распада — почти точно! Фараон Сенусерт III жил на восемь веков позже — и его погребальная ладья (рис. 2, 3) оказалась более радиоактивной: больше 10 распадов в минуту в каждом грамме углерода.

Это была настоящая победа! Ее хорошо выражает так называемая «кривая известных» (рис. 4) — график, составленный позже (по уточненным данным)¹ показывающий не-

¹ За современную радиоактивность дерева принято не 12,5, а 15,3 распада.

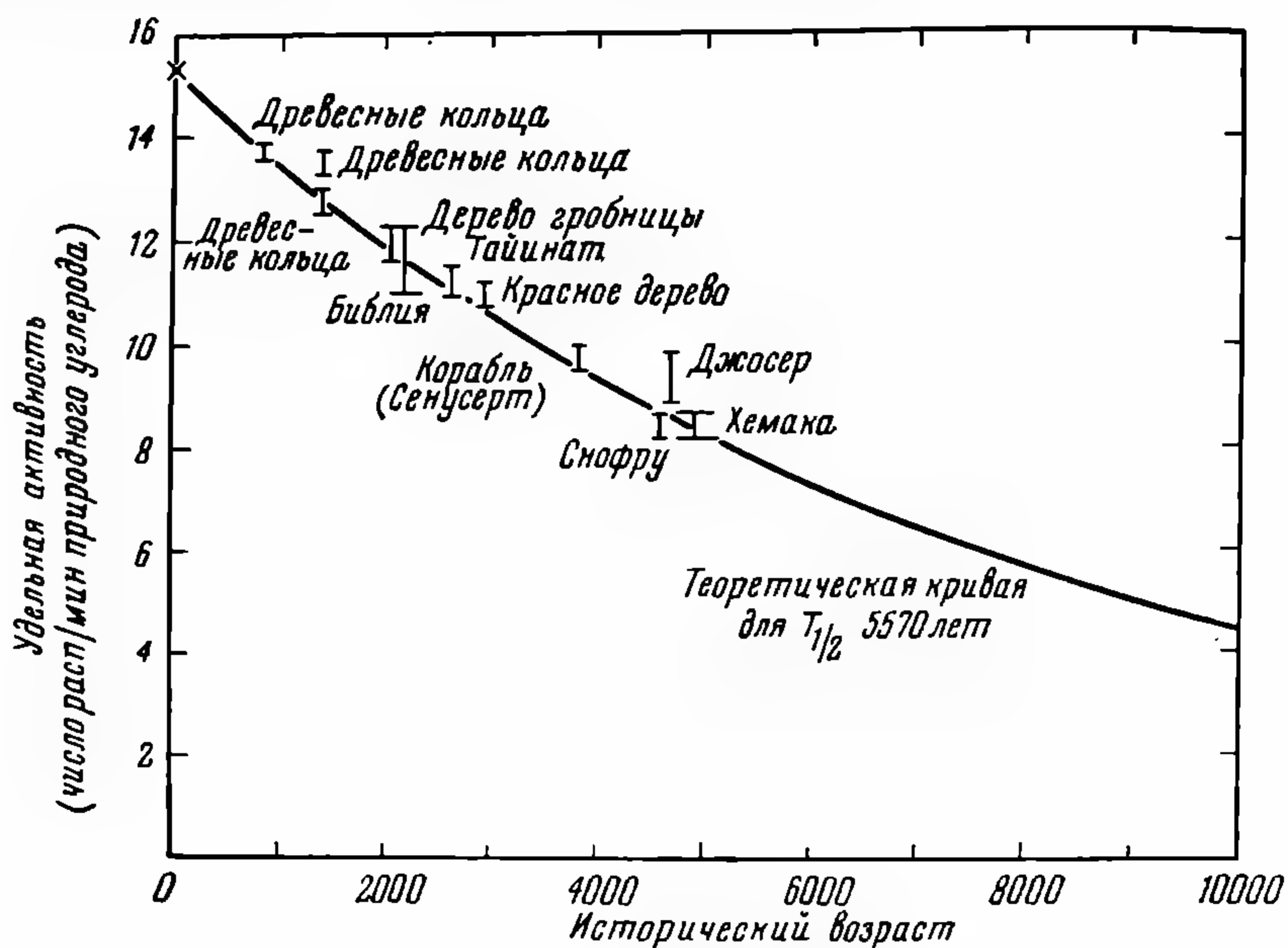


Рис. 4. «Кривая известных» (по У. Ф. Либби, 1955 г). Активность образцов известного возраста. Неопределенность исторического возраста указана горизонтальными отметками, статистическая неопределенность радиоуглеродного измерения — вертикальной линией. Сплошная кривая показывает теоретические значения удельной активности предметов различного возраста при периоде полураспада $T_{1/2} = 5570$ лет

значительность отклонений радиоуглеродных датировок серии контрольных образцов (исторических предметов, даты которых хорошо известны).

Трудно переоценить значение открытия Либби для археологии, четвертичной геологии и палеонтологии. Древности в разных условиях сохраняются по-разному (рис. 5), с разной скоростью растут и закрывшие их наслоения земли. Иной раз невероятно древние вещи залегают выше и выглядят гораздо новее недавно попавших в землю. Древности, словно стареющие женщины, скрывают свои годы, и только сильно поредевший поток электронов от радиоактивного распада безжалостно выдает их возраст, как седина...

За неполных два десятка лет дальнейшей разработки этого метода его применению и популяризации было посвящено почти 2 тысячи книг и статей (писалось о нем и в журнале «Природа»¹), а для его практического использования в разных странах стали создавать специальные лаборатории, их теперь уже около 50 (в том числе несколько — в Советском Союзе) и в совокупности они производят около 2000 определений в год.

Археологи встретили новое открытие с энтузиазмом. Тем более, что радиоуглеродные оценки во многих случаях близко совпадали с традиционными археологическими датировками памятников и культур. Это было очень лестно археологам: физика — королева современных наук — во всеоружии своей техники, во всем блеске и богатстве своих приборов и экспериментов, подтверждала то, что несколько поколений археологов построили, можно сказать, голыми руками, добыли одной лишь силой своих расчетов и догадок. Ведь это само по себе — замечательное свидетельство провидительности, могущества и безграничных возможностей человеческого интеллекта, пожалуй не меньшее, чем успехи современной физики!

И археологи принялись деловито «выуживать» из различных физических журналов даты однотипных археологических объектов, публикуемые радиоуглеродными лабораториями, составлять сводки этих дат, все более и более обширные, вязать сеть новой, более четкой хронологии, которая после достаточного накопления данных должна была сменить старую.

Это не значило, что старые достижения, старые выводы в хронологии отвергаются,

а просто хронология поднимается на новую ступень, на более высокий уровень точности и надежности, сужая амплитуду колебаний в оценках возраста, в определении хронологических дат, заменяя их старые обоснования — новыми, более современными. Но то — старые выводы. А вот старые методы... Конечно, это означало, что старые методы хронологии отжили свой век, работать ими уже нет смысла. Они еще не сломались, не дают брака, но все же... Случилось то, что экономисты называют моральным износом.

Но вот число накопившихся радиоуглеродных дат перевалило за десять тысяч, в печати появились обобщающие сводки радиоуглеродных дат, сгруппированных по культурам и эпохам (такие сводки опубликовали археологи А. Леруа-Гуран, Р. Питтиони, Г. Квитта, Г. Ватерболк, В. С. Титов и др.), и стало ясно, что новая хронология лишь в грубом приближении и лишь местами совпадает со старой, а на ряде важных участков есть расхождения, и притом существенные! Главное из них затрагивает старый и острый спор, казалось, уже решенный.

ВОЙНА КОРОТКОЙ И ДЛИННОЙ ХРОНОЛОГИЙ

Эта война началась при изучении папирусов, ибо *casus belli* (причину войны) вначале можно было сформулировать так: длинной или короткой была история страны иероглифов — Древнего Египта? Поскольку раннее развитие Европы, тогда еще безграмотной, мыслилось тесно зависимым от истории Египта, то выяснением этого вопроса автоматически решался и вопрос о длине ранней истории Европы — ее неолита (новокаменного века), медного и бронзового века.

Первые схемы египетской хронологии были основаны на труде египетского жреца Манефона, который уже во времена Птолемея (III в. до н. э.) собрал древние предания и надписи, составил списки фараонов, сгруппировал их в 30 династий и, сложив годы царствований, подсчитал продолжительность отдельных периодов истории египетского государства. Цифры получились огромными. Основываясь на них, Флиндерс Питри, Л. Борхардт и другие египтологи оценили продолжительность истории Древнего Египта в 5—6 тыс. лет. Так возникла «длинная» хронология Египта и ранней Европы, долго господствовавшая в науке.

Эд. Мейер и его ученики противопоставили ей «короткую» хронологию. Дело в том, что фараоны нередко царствовали одно-

¹ См. «Природа», 1952, № 2, стр. 102—106; 1956, № 12, стр. 84—86; 1962, № 1, стр. 71.

временно (как соправители), и не только фараоны, но и целые династии, которые в периоды упадка и смуты правили параллельно в разных частях страны. Манефон же, исходя из идеи единовластия и цельности государства, выстроил всех фараонов в одну цепочку, сильно удлинив тем самым общую продолжительность истории государства. Поэтому Эд. Мейер отбросил подсчеты Манефона, жившего многие тысячелетия после древних фараонов, и положил в основу своих построений анналы (ежегодные записи) и памятные надписи самих фараонов. Но поскольку эта цепь сведений дошла до нас обрывками, со многими пропусками и провалами, нужно было найти для каждого значительного события точное место на абсолютной шкале времени.

Эта хронология, отводящая на всю историю династического Египта только три тысячи лет (начало 1 династии относится примерно к 3000 г. до н. э. или даже к несколько более позднему времени), уже давно была обоснована столь вескими доказательствами, что «длинная» хронология Египта (как, кстати, и Месопотамии) полностью утратила свое научное значение.

Но спор «длинной» и «короткой» хронологии более северных земель — Европы — еще некоторое время продолжался из-за неупорядоченности методов привязки европейских памятников и культур к египетской хронологической шкале. Самый надежный способ установления возраста той или иной европейской культуры — это выяснить, с которой из египетских династий эти европейские племена имели торгово-обменные отношения, а если они с египтянами не были связаны непосредственно, то, возможно, были связаны с их соседями, а уже те — с египтянами.

В Египте времен конца 18—19 династий (т. е. 1350—1150 гг. до н. э.) в могилах и на поселениях оказываются сосуды из Греции, характерные там для III периода микенской культуры — значит, этот период относится к тому же времени. Но в Микенах такие же сосуды найдены вместе с фибулами (застежками) типа Пескьера — вроде современной английской булавки, а такая же фибула найдена в Германии близ Мюлау в погребении с остатками кремации и урной, у которой были три ручки в виде столбиков — значит, тем же временем датируется и это погребение. Но очень похожая урна найдена в курганном погребении близ Фангера, уже

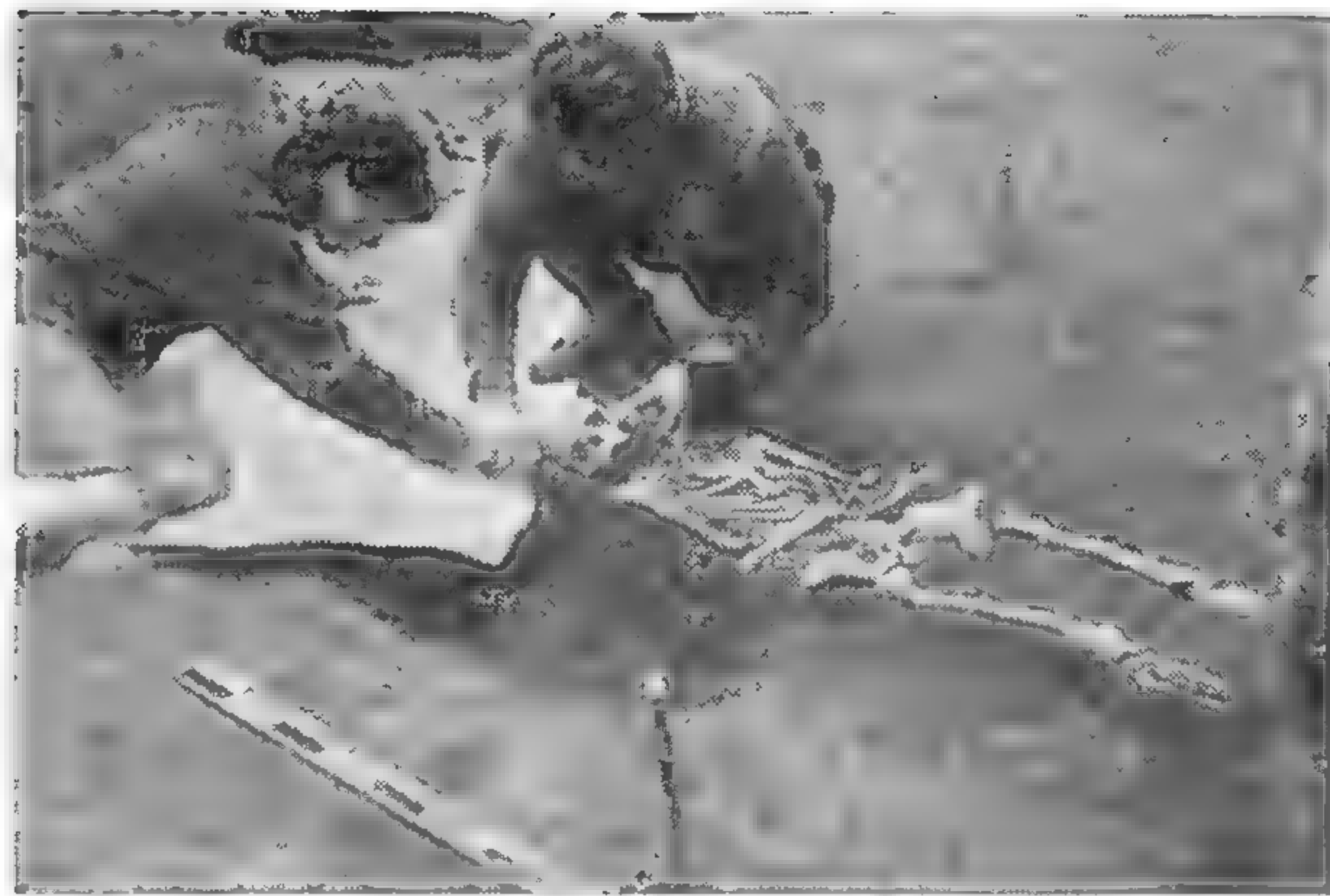


Рис. 5. Древности в разных условиях сохраняются по-разному. От жителя древнего Новогрудка за тысячу лет остался только скелет (*вверху*). Древний германец, пролежав в Толундском болоте (Дания) две тысячи лет, сохранился так, будто умер только сегодня (*внизу*)

недалеко от балтийского побережья, где вместе с нею оказалась бронзовая фибула другого типа — из двух круглых пластинок со скобкой между ними (напоминающая очки). Другая фибула этого типа найдена в Швеции в известном «кургане короля Бьёр-

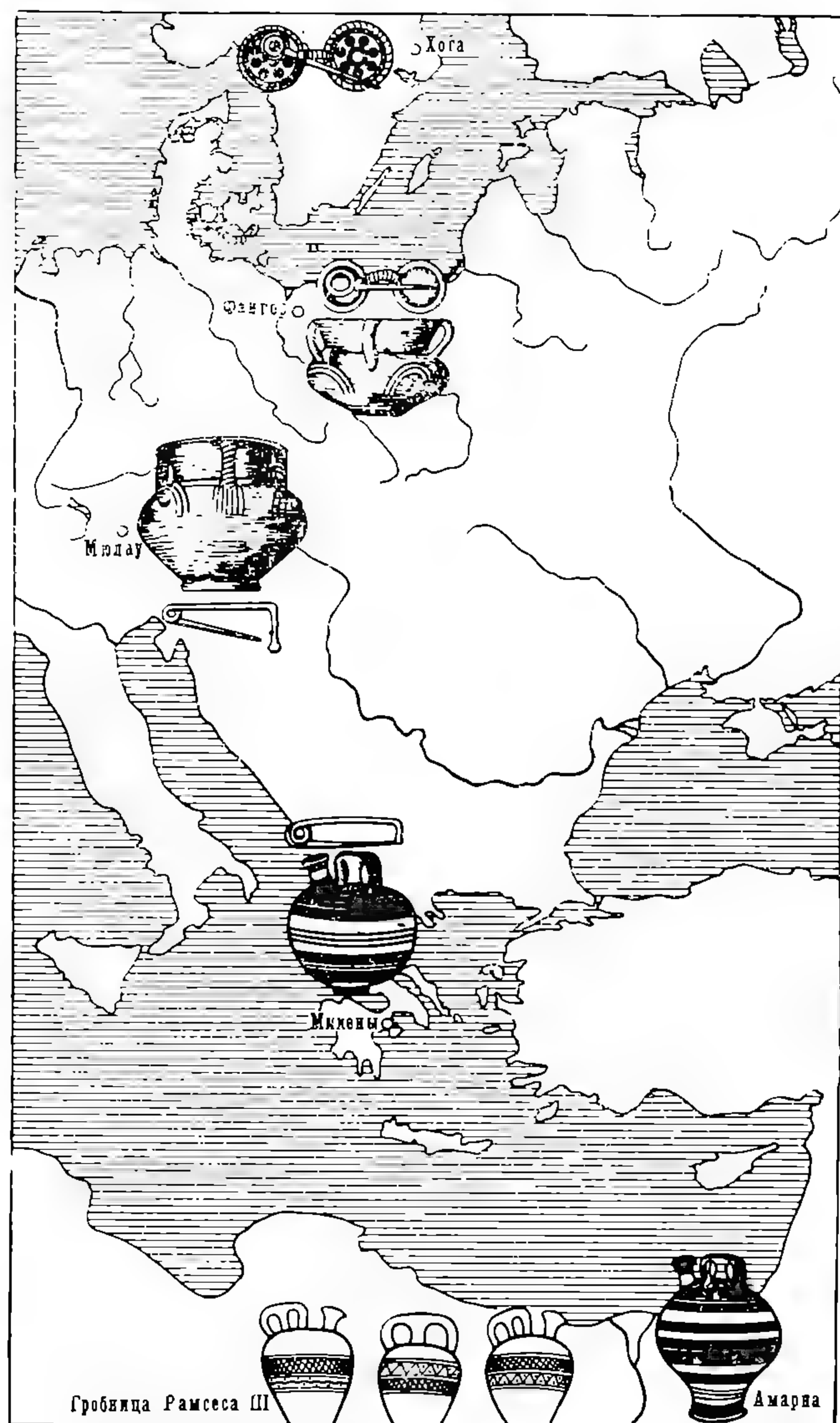


Рис. 6. Синхронизация методом «домино» (по Ю. Эггерсу, 1959 г.). Торговые связи около 1200 г. до н. э., выявленные по импортным вещам

на», который, таким образом, никак не мог относиться к королю викингов Бьёрну, а был воздвигнут на добрых две тысячи лет раньше. Так археологи связывают одновременные культуры аналогиями в длинную цепь, сопоставляя в каждом звене идентичные вещи из соседних культур и наращивают эту цепь на север, присоединяя культуру за культурой — по выражению Ю. Эггерса, «как костяшки домино» (рис. 6).

Но на ранних этапах производящего хозяйства — в неолите, медном и бронзовом веке — импорт просачивался от племени к племени по каплям, и за тысячи лет, прошедшие с тех пор, эти капли большей частью испарились.

Гораздо чаще археологам удается выловить не такие вот прямые импорты, а косвенные следы от их проникновения — разнообразные копии, имитации, подражания — все то, что вместе с вещественными следами других контактов (военных, брачных и пр.) мы объединяем под термином «влияния». Но если торговали только живые с живыми, то влияния, отдельные, ослабленные, но все же несомненные, — живы и тогда, когда в их источнике очаг давно угас и жизнь прекратилась. Из одного и того же источника разнообразные влияния распространялись разными путями и разными темпами. Поэтому в далеких областях Европы в одной и той же культуре могут сочетаться вещи, прототипы которых на Востоке отделены друг от друга многими веками. Археолог, пытающийся привязать ту или иную европейскую культуру с помощью учета влияний к какому-либо периоду египетской или месопотамской истории, оказывается в положении ковбоя, бросающего лассо в большой табун (этим методом работал, например, английский археолог Гордон Чайлд).

Так вправе ли археология спорить с физикой?

Но «длинная» хронология все же была опровергнута археологами, причем именно на основании конкретных археологических фактов. Для этого понадобились более строгие методы. Их разработали австриец Фриц Шахермейр, серб из Западной Германии Владимир Милойич и француз Клод Шефер. Эти археологи также восстанавливали ряды одновременных культур от Египта до Прибалтики (как при работе методом «домино») и при этом даже не брезговали использованием влияний (как при работе методом «лассо»). Но для последних они ввели три строгих критерия доказанности. Во-первых, культуры нельзя считать одновременными на основании одной какой-то аналогии — она может оказаться случайной; необходимо совпадение целого комплекта аналогий. Во-вторых, нельзя сцеплять непосредственно культуры на дальних расстояниях, через головы других, а только соседние культуры — иначе есть риск не заметить время, потребное влиянию на преодоление длинного пути со многими посредниками. В-третьих, даже соседние культуры только тогда можно уверенно считать одновременными, когда увязываются один с другим предшественники их на тех же территориях и их преемники, еще лучше — когда

сцепляются всеми своими звеньями, на всех этажах, многоэтажные стратиграфические колонки. Так зашнуровывают ботинок плетеным шнуром, петля к петле (рис. 7).

Конечно, для реализации достоинств новой методики потребовалась детальная проработка огромного фактического материала. Зато когда она была проделана, «короткая» хронология европейских древностей прочно утвердилась в археологической науке.

Капитальный труд Шефера вышел в 1948 г., работы Шахермейера и Милойчича — в 1949—50 гг. Вся эта проработка была закончена как раз ко времени, когда появился радиоуглеродный метод датировки, вскоре поставивший под сомнение победу «короткой» хронологии, результат титанического труда археологов, а вместе с тем и авторитетность археологии как науки.

ИТАК, ФИЗИКА ПРОТИВ АРХЕОЛОГИИ

Пока еще к археологам поступала беспорядочная россыпь радиоуглеродных дат, не было особых оснований для беспокойства: по каждой культуре встречались даты, не выходящие за рамки сложившихся представлений, и в целом таких дат было гораздо больше, чем уходящих далеко в стороны. Но когда во второй половине 50-х годов появились сводки радиоуглеродных дат с группировкой их по культурам и эпохам, оказалось, что совпадения и несовпадения распределяются крайне неравномерно: по некоторым культурам радиоуглеродные даты не противоречат выводам археологов, по другим — совпадают только одиночные даты. Согласованной между физиками и археологами хронологии не получилось. Особенно сильны несовпадения в неолите. Воронковидные кубки типа А, распространенные в Дании, Северной Германии и Польше, получили одну позднюю дату по C^{14} : 2620 ± 80 г. до н. э. — это еще куда ни шло. Но рядом встали даты: 3770 ± 200 и 3740 ± 70 . Кубки передвинулись на тысячу лет — из третьего в четвертое тысячелетие до н. э.! Линейно-ленточная керамика Дуная ушла в пятое тысячелетие (археологи числили ее в третьем — конце четвертого). Культуры Старчево-Кереш оказались в глубине пятого тысячелетия до н. э. (сводки Р. Питтони и Г. Квитта). Итак, углубление примерно на тысячу лет. Медный век не только передвинулся в глубь веков, но и сильно растянулся во времени (с нескольких веков до без малого тысячи лет), так как начало

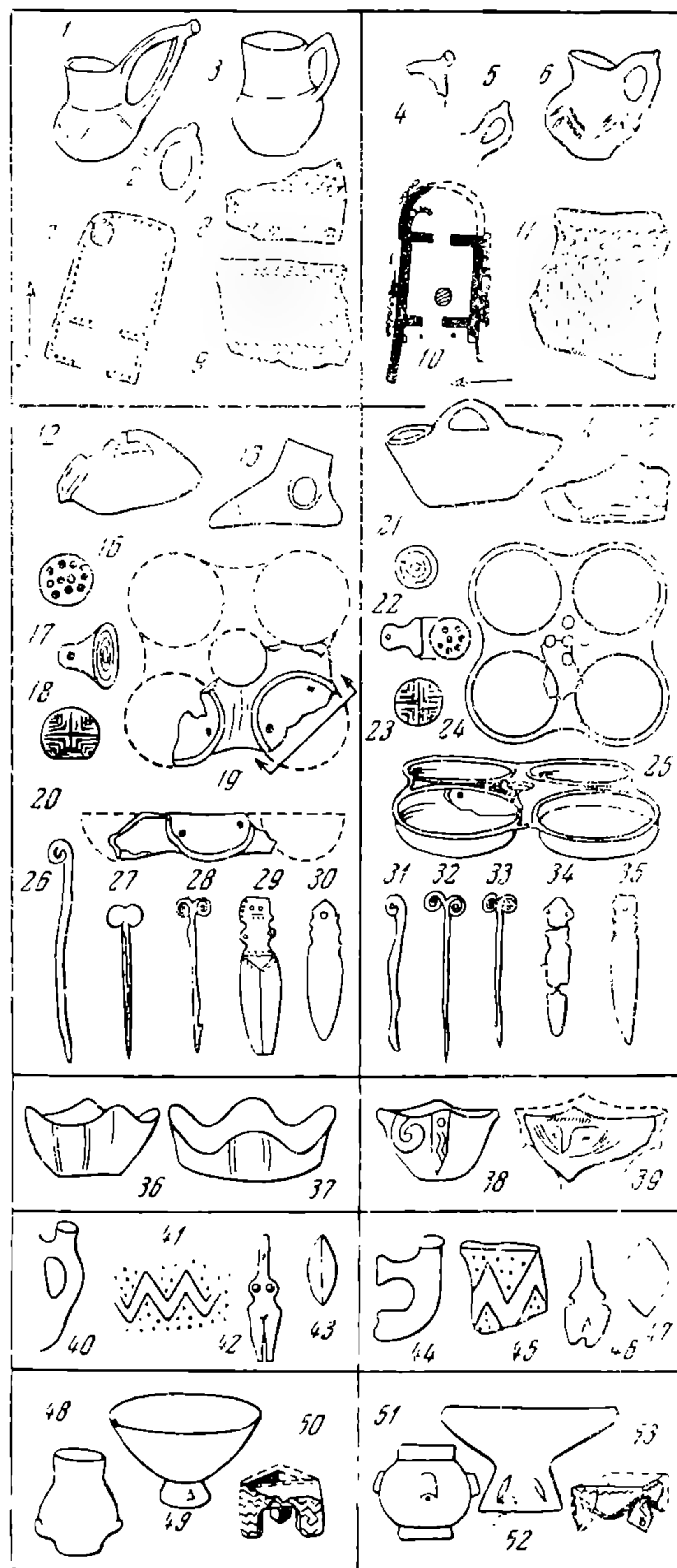


Рис. 7. Синхронизация методом «шнуровки» (см. последовательность цифр). Караново — Троя. В левой половине таблицы — вещи из Каранова и родственных памятников Нижнего Подунавья, в правой — их аналоги из Трои и других памятников Эгейского мира (Крит, Киклады, Эллада). Нижний «этаж» — соответствует периоду Караново I-II, второй — Караново III, третий — Караново V, четвертый — Караново VI, а самый верхний — Караново VII.

бронзового века переместилось не столь заметно: горизонт колоколовидных кубков в Центральной и Северной Европе разместился между 2020 и 1770 гг. до н. э. (сводка Г. Томаса), археологи же помещали его между 1900 и 1600 гг. до н. э.

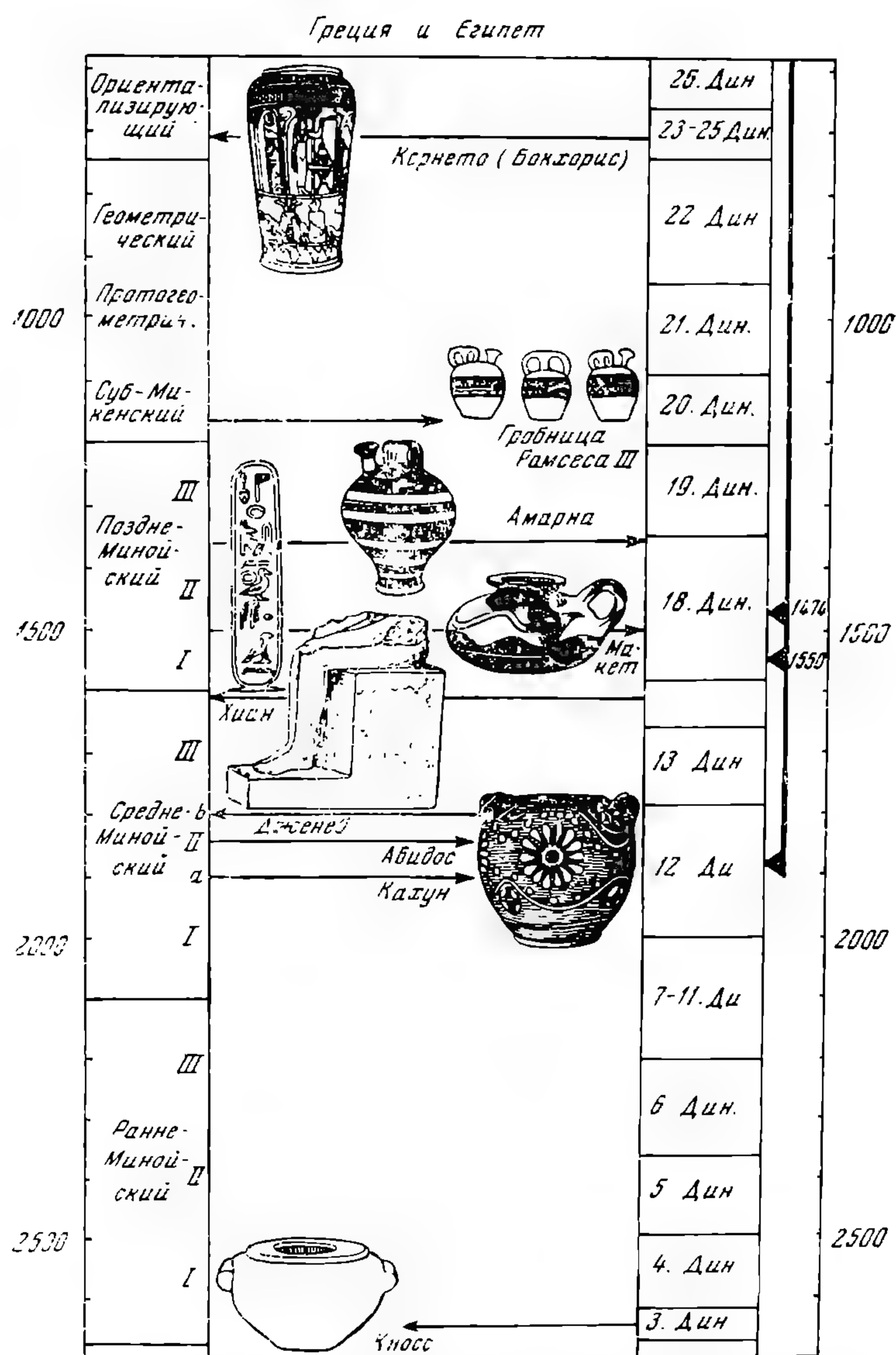


Рис. 8. Синхронизация Крита с Египтом. Торговые связи, выявленные А. Эвансом, Дж. Пендлберри и др. по импортным вещам (по Ю. Эггерсу, 1959 г.)

АРХЕОЛОГИЯ ДЕРЖИТ ЭКЗАМЕН

Физика высказалась за «длинную» хронологию Европы. Это внесло растерянность в ряды археологов. Одни с характерным преклонением перед непостижимой сложностью точных наук приняли указания физиков как откровение свыше: что физики сказали — то непреложный факт. Эти археологи поспешили перестроить хронологические схемы, запросто отказавшись от старых выводов и методов своей науки. В основном это архео-

логи, которые раньше сами не занимались исследованиями в области хронологии. Ну, а те, что занимались? Те стараются сейчас отыскать ошибки в археологическом обосновании «короткой» хронологии Европы, чтобы «подтянуть» ее к радиоуглеродной. Для этого надо пересмотреть весь ряд подшнурованных одна к другой многоэтажных стратиграфических колонок от Египта до Центральной Европы и либо слегка расшатать их и понемногу сдвинуть в каждом звене (так поступает американец Джеймс Мелаарт), либо совершенно разорвать шнуровку в одном звене и за счет резкого сдвига подтянуть все, что идет дальше, к радиоуглеродной хронологии, — это сдвиг сразу на тысячу лет в глубь веков. Так поступает болгарин Георгий Георгиев. Звеном, за которым обрывается шнуровка, он избрал Троя — ту самую, которая была воспета Гомером и раскопана Шлиманом; она лежит на краю азиатского материка, за нею — уже Европа.

Почему избрана именно Троя? Потому что на ней кончается та цепь, которую разорвать уже невозможно. Эта цепь начинается хронологией Египта. Последнюю построили Эдуард Мейер и его ученики и перенесли на археологические памятники археологи Лепсиус, Масперо, Мариэтт, Флиндерс Питри, Говард Картер. А точнее сказать, ее перенесли на археологические памятники сами древние египтяне, аккуратно снабдившие свои гробницы надписями с именами фараонов и годами их царствования.

Вторым звеном в этой цепи служит остров Крит, с его легендарным Лабиринтом, где правил царь Минос и жил получеловек полубык Минотавр. Лабиринт (царский дворец с бесчисленными помещениями и запутанными коридорами, где на стенах фрески, изображающие состязания с быком) раскопал англичанин Артур Эванс. Проследив последовательность наслоений во дворце, он построил периодизацию критской культуры. Культуру эту он назвал минойской и разделил на три периода с тремя подпериодами в каждом. Эти подразделения он связал с египетскими династиями по следам торговых связей там и здесь — импортам: в Египте это критская керамика, на Крите статуэтки с надписями, каменные сосуды (рис. 8). Оказалось, что минойская культура начинается во время 3-й египетской династии (XXVII в. до н. э.) и ее период завершается нашествием носителей микенской цивилизации, окончившей свое существова-

ние ко времени Рамзеса III из 20-й династии (т. е. к XI в. до н. э.).

Центром микенской цивилизации, однако, была материковая Греция, а носителями — ахейцы Агамемнона, герои Гомера. Перед тем на полуострове развивалась элладская культура раннего и среднего бронзового века, напластования которой прослежены на нескольких поселениях американцем Карлом Блегеном и «подшнурованы» к соответствующим периодам минойской культуры Крита, с которой она развивалась, оказывается параллельно. Это третье звено в цепи.

Четвертым стала Троя.

ДВЕ ПЛНАДЫ

Карл Блеген руководил крупной американской экспедицией, проводившей дополнительные раскопки Трои — на современном научном уровне. Шлиман различил в Трое 7 городов — один на другом — и счел Гомеровою Троею сначала третий, а потом — второй снизу. Его помощник и продолжатель Дерпфельд обнаружил еще два города (рис. 9), а за Трою Гомера признал шестой снизу, так как в нем были обнаружены микенские черепки. Карлу Блегену удалось расчленить эти слои на 49 горизонтов, отождествить с Гомеровою Троею город «VII-а» и установить любопытнейший факт: оказы-

вается, и до Троянской войны троянцы на протяжении полутора тысяч лет были связаны с материковой Грецией тесными торговыми, военными и культурными связями. В разных слоях Трои залегали черепки явно привозной посуды — типичной элладской керамики, кое-где — обломки критских ваз. Это и позволило построить твердую (особенно в верхних частях) хронологию Трои.

Раскопки показали, что по крайней мере поздняя часть первого снизу города, собственно еще маленького поселка, уже получала эту привозную керамику и, таким образом, совпадает по времени с началом элладской и минойской культур (около XXVII в. до н. э.).

Троя-II уже была крупной крепостью, в которой скапливалось много богатств — с ее гибелью от страшного пожара связывают зарытие целого ряда кладов золотых изделий, в том числе и знаменитого «клада Приама» (название дано Шлиманом). Недаром Шлиман счел падение этого города результатом Троянской войны. Но греческая традиция относит Троянскую войну к XII в. до н. э., а Троя-II пала более чем на тысячу лет раньше. Это ясно видно из того, что в ней оказались черепки раннеэлладской керамики, а неподалеку в царской могиле Дорака вместе с боевыми топорами, типичными для Трои-II, лежали печати с именами фараонов XXV в. до н. э.

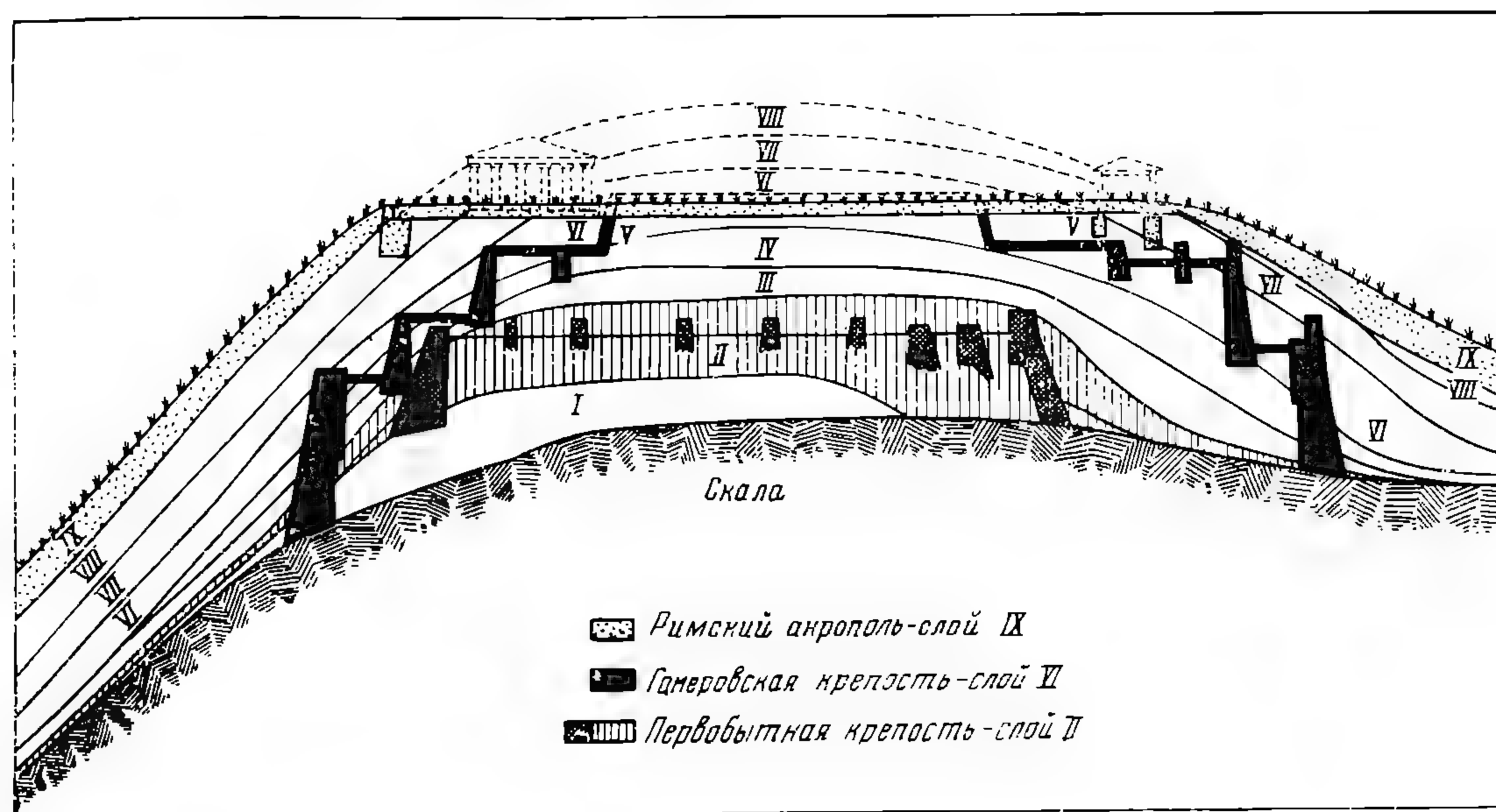


Рис. 9. Стратиграфия Трои (по В. Дерпфельду)



Рис. 10. Руины стен Трои-VI — они еще высились вокруг города в годы царствования Приама

Троя-VI была также крупным городом (рис. 10), но она погибла от землетрясения, а отстроенная в меньших размерах Троя VII-а была разрушена неприятелем — время ее падения определяется микенскими импортами XII в. до н. э., точно подтверждая греческую традицию.

Этот город вдвое больше по площади, но относительно, для своего времени, он не был столь могуществен, богат и влиятелен, как Троя-II. Однако он ближе к нам, к письменной истории, и события, связанные с ним, для нас не безлики и не безымянны. Мы знаем его защитников и его победителей, его ближних и дальних соседей — мир «Илиады» и «Одиссеи»: географический кругозор Гомера довольно широк. От Трои-II остались могучие стены (рис. 11) и золотые клады, но как разгорелась та, первая великая Троянская война,

какие боги и герои в ней побеждали и погибали, и где ее Гомер и ее Илиада? Все кануло в небытие. Осталась культура. Осталась хронология.

Археологи восстанавливают ту, первую забытую Илиаду и мир того, первого, непризнанного Гомера.

Центрально-европейские современники героев второй Илиады археологам известны: они переправились через пролив и основали маленький поселок на развалинах Приамовой Трои — Трою «VII-b»; в нем найдены такие же горшки с выпуклинами, как на Висле, Одере и Дунае. Но кто в Центральной Европе был современником героев первой Илиады? Кто жил на Дунае во времена первой великой Троянской войны? Были ли то люди каменного века или племена медного века, или уже население с культурой бронзового века — как в Трое? Памятников на Дунае раскопано много, есть и те, и другие, и третьи, а вот как их связать со слоями Трои — неясно.

Из крупных и долговременных европейских поселений ближе всего к Трое расположено одно, раскопанное в Болгарии и названное по ближайшему современному населенному пункту — Караново. По мощности напластований (14 м) Караново (рис. 12) примерно равно Трое. Здесь тоже различаются VII слоев, из которых верхний — с культурой бронзового века, два предшествующих (V и VI) — медного, а под ними неолит (новокаменный век). Это очень богатый памятник, с четкой стратиграфией (рис. 13).

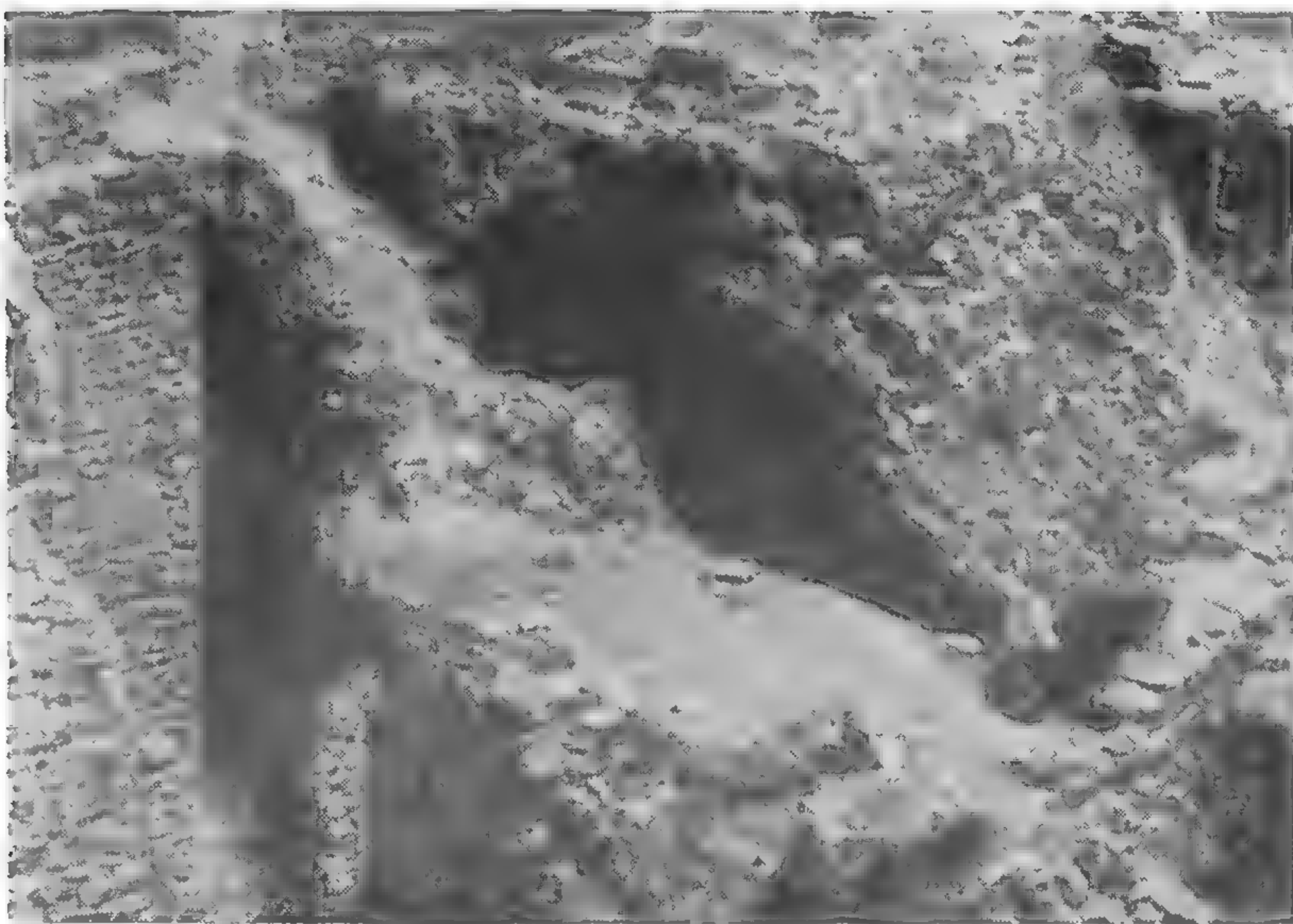


Рис. 11. Руины стен Трои-II. Таким был этот город более чем за тысячу лет до Приама

К его слоям привязываются многочисленные другие памятники и целые культуры Подунавья — они как бы нанизываются на карановский стержень. Вот его бы и подключить через Трою к хронологической цепи — как пятое звено! Но это задача не из легких.

Ни в Трое, ни в Каранове прямых импортов, которые бы остались от интенсивной торговли между ними, нет. Надо искать влияния в культуре (подражания, имитации) — они были бы косвенным свидетельством каких-то контактов, от которых прямые свидетельства не сохранились вследствие их малочисленности.

Археологам представлялись богатые возможности выбора, в какой слой Трои забросить хронологическое лассо, чтобы привязать к этому слою, скажем, медный или бронзовый век Каранова, а с ним и всего Подунавья. Вот почему именно этот участок цепи и выбрал Г. Георгиев для решительного разрыва короткой хронологии. Сторонники короткой хронологии обычно забрасывали лассо из не самых верхних слоев Каранова в не самые нижние слои Трои. Так, венгерская исследовательница Ида Богнар-Куциан видела медные булавки с двуспиральной головкой во втором снизу слое Трои и во втором сверху слое Каранова. Этого уже было достаточно, чтобы медный век Нижнего Подунавья оказался во второй половине III тысячелетия до н. э., чтобы современниками героев первой Илиады, живших в бронзовом веке, оказались дунайцы предшествующей стадии развития — медного века.

Г. Георгиев, пользуясь результатами радиоуглеродных датировок, поднялся ступенькой выше, в бронзовый век Каранова, и забросил лассо оттуда, из VII, самого верхнего слоя Каранова в I, самый нижний слой Трои. Выловив там похожие на поздние карановские ручки сосудов в виде трубочек с поперечными ребрами и другие, с волнистым краем, как у баранки автомобиля, он накрепко привязал VII слой Каранова к I слою Трои и тем самым опустил все предшествующие слои Каранова — медный век и неолит — глубоко под Трою.

Дунайский медный век и бронзовый век оказались чрезвычайно древними. Последние жители Каранова умерли задолго до первой великой Троянской войны. Оба Гомера, обе Илиады — все это было уже после них. Современниками героев первой

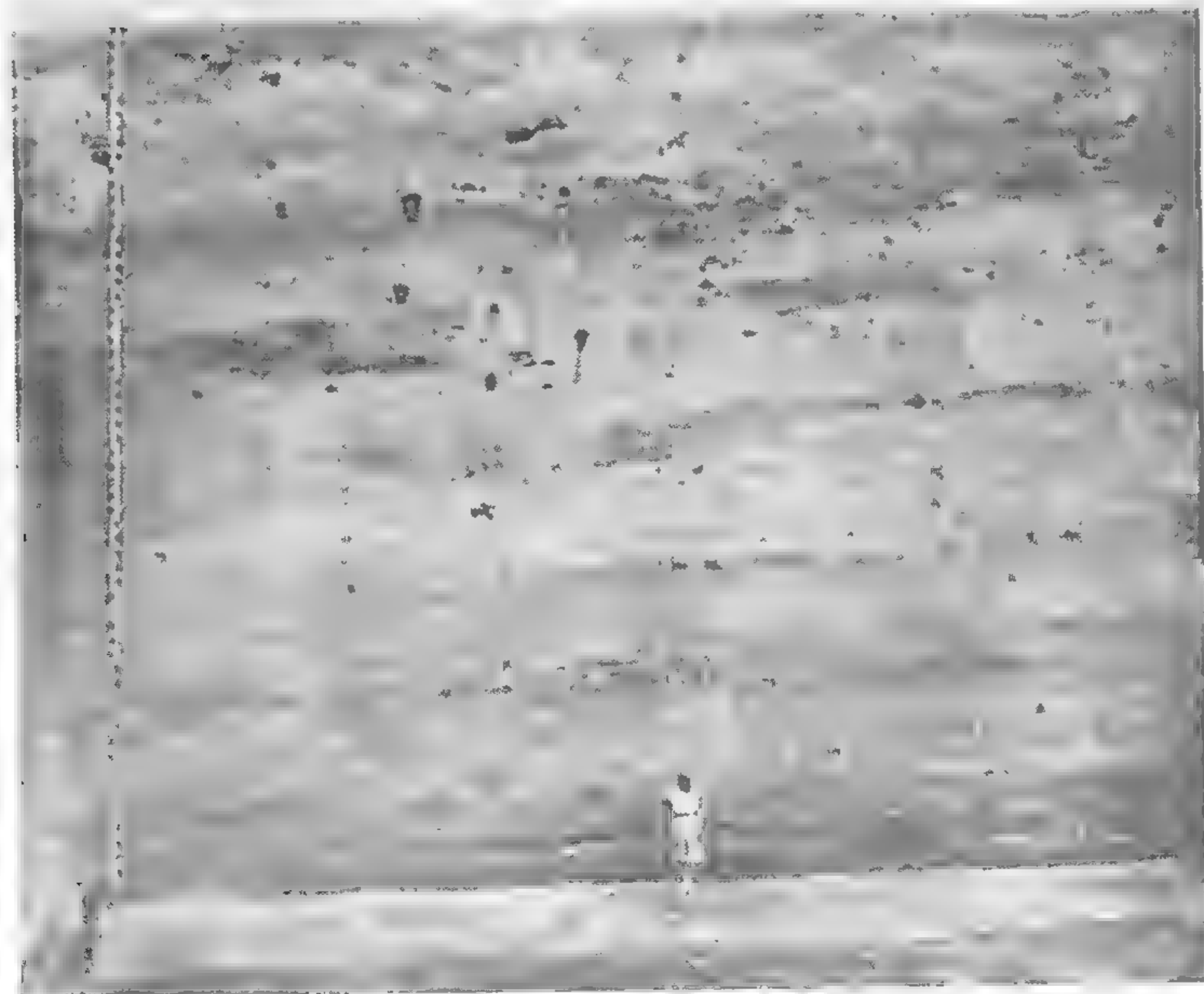


Рис. 12. Стратиграфический разрез через жилой холм Караново (по Г. Георгиеву, 1961 г.). Мощностью напластований Караново напоминает Трою. Наверху — общий вид холма

Илиады и даже их прадедов и еще более далеких предков оказались дунайцы гораздо более развитого бронзового века (в Каранове не представленного). Никакого отставания Дуная от Трои, Европы от Азии!

Не стать ли и нам на одну из ступенек Каранова, не забросить ли лассо еще раз? Но почему — забросить лассо? Почему бы не воспользоваться более современными строгими методами построения хронологии, в частности, методом «шнуровки»?

Достаточно вспомнить о его строгих критериях и применить их к этому участку хронологической цепи, чтобы картина резко изменилась. Слой к слою, этаж к этажу —



Рис. 13. Культурная стратиграфия Каранова (распределение находок по слоям поселения (по Г. Георгиеву, 1961 г.)

можно ли так подшнуровать Караново к Трое? Да, можно. Но при этом слой-этажи совпадут совсем не так, как у Георгиева, и даже не так, как у Богнар-Куциан.

В VII слое Каранова, кроме ручек, напоминающих очень ранние троянские (эта традиция разошлась из Трои очень широко, но достигала разных мест в разное время, иных — с большим опозданием) есть еще

огромные высокие ручки с шпечкой сверху, точно такие же, как в Трое-VI и VII-a — Гомеровой Трое, Трое второй «Илиады». И в Трое-II—V, и в Каранове-VI есть схожие булавки, печати и проч. Таким образом, и культура Каранова-VI (развитой медный век Подунавья) только началась в эпоху падения Трои-II — в эпоху первой «Илиады».

Караново-III—V с Троей связать не удастся, а в нижних слоях Каранова (I—II) есть много аналогий нижним слоям Трои-I: туннельные вертикальные ушки у сосудов, сосуды на ножках, чайники, — это достаточно красноречиво, хотя в основном, видимо, нижние слои Каранова несколько древнее (см. рис. 7).

Таким образом, верхние слои Каранова подшнуровываются к верхним слоям Трои, нижние — к нижним, в целом напластования Каранова откладывались одновременно и параллельно с напластованиями Трои. Жители Каранова пережили или, по крайней мере, наблюдали с близкого расстояния (от них до Трои всего несколько сотен километров) обе Троянские войны, знали содержание обеих Илиад, может быть, и сами были участниками обеих войн и героями обеих Гомеров. Вместе с ними подтягивается к обеим Илиадам вся первобытная Европа — из тех темных глубин, в которые ее загнали радиоуглеродные датировки.

Две Илиады, два Гомера — это, конечно, условность, художественный прием. А вот короткая хронология — объективная реальность или, лучше сказать,

прочно обоснованная гипотеза, почти факт.

Но если археология в этом права, то не может быть права физика. Как же тогда быть с радиоуглеродным методом?

Окончание в следующем номере

УДК 930.26
539.16.08

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ АНТИБИОТИКОВ

Идея использовать антибиотики в качестве стимуляторов роста животных возникла в 40-х гг. При лечении заболеваний сельскохозяйственных животных выяснилось, что вызываемые антибиотиками изменения микробной флоры кишечника приводят не только к устранению инфекции, но и к ряду других явлений. Их нельзя уже было объяснить одним лишь «оздоравливающим» действием препаратов. Добавление антибиотиков к кормам животных в дозах в 100—1000 раз ниже терапевтических приводило к увеличению привеса на 10—30%. Сокращались сроки откорма, снижалась потребность в дефицитных кормах, повышалась плодовитость животных.

Сейчас хлортетрациклин (ауреомицин, биомицин), окситетрациклин (террамицин), пенициллин, стрептомицин, бацитрацин и другие антибиотики широко используются в качестве стимуляторов роста. Их положительное действие выявлено в опытах на свиньях, рогатом скоте, птицах, рыбах, пчелах, шелкопряде. Особенно эффективно действие антибиотиков на рост молодняка, а также животных, которые содержались в неудовлетворительных условиях. Сырые, неочищенные препараты дают значительно лучший результат, чем кристаллические. Это указывает на присутствие в продуктах ферментации антибиотиков некоторых других веществ, способствующих росту (витамины, аминокислоты), а также, возможно, не установленных еще факторов типа витофака и вигофака недавно выделенных американскими исследователями.

Первое, хорошо обоснованное объяснение механизма ростстимулирующего действия антибиотиков было приведено Джаксом, пионером в этой области. Ростовый эффект антибиотиков происходит благодаря их влиянию на кишечную флору: уменьшается число штаммов микроорганизмов,

образующих токсины или возбудители скрытых инфекций, увеличивается в кишечнике количество полезных для организма микробов, ослабляются процессы микробного дезаминирования, в результате которых происходило разрушение нужных для организма веществ. Однако постепенно накапливаются факты, указывающие на возможности непосредственного действия их на макроорганизм. Ряд авторов развивает теорию так называемого «адаптогенного действия» антибиотиков, согласно которой длительное введение небольших доз препарата способствует повышению неспецифической резистентности организма к вредным воздействиям. Антибиотики повышают устойчивость домашней птицы к таким факторам, как холод, низкое атмосферное давление, перенаселенность, переутомление животных, фармакологические воздействия. Эта теория подтверждается данными о стимулирующем влиянии антибиотиков на нейроэндокринные системы организма.

На основе изучения особенностей действия тетрациклинов на макроорганизм, нами в качестве причины ростстимулирующего действия этих препаратов было выдвинуто предположение о влиянии их на энергетический обмен животного. Известно, что интенсивный рост организма сопровождается усилением пластического обмена, а также усилением процессов свободного окисления в тканях. Выявлено, что на эти процессы существенно влияют и тетрациклиновые антибиотики.

Кормовые антибиотики влияют также на функции желудочно-кишечного тракта: наблюдается увеличение сокоотделения, изменение моторики кишечника и строения всасывающего аппарата. Некоторые исследователи приходят к выводу, что на увеличение роста животных несомненно влияет утончение стенок кишечника и удлинения его вор-

ениок, которое происходит под влиянием добавок антибиотических веществ.

Первоначальная точка зрения на изменение микрофлоры кишечника как причину ростстимулирующего действия антибиотиков и сейчас поддерживается многими исследователями. Однако нельзя не учитывать фактов непосредственного влияния препаратов на организм. Сторонники исключительно антимикробного действия антибиотиков выдвигают в качестве важного аргумента отсутствие стимулирующего действия препаратов на выращенных в стерильных условиях животных, кишечник которых лишен микрофлоры. Эти данные, однако, не подтвердились. Кроме того, в ряде экспериментов было показано стимулирующее действие инактивированных антибиотиков, которые уже не обладают антимикробным действием.

Вряд ли следует в данном случае подыскивать факты, утверждающие господство лишь какой-нибудь одной точки зрения. Следует признать, что механизм ростстимулирующего действия антибиотиков состоит как во влиянии их на микрофлору кишечника, так и на организм животного в целом. Трудно утверждать, чтобы под влиянием антибиотиков происходило коренное изменение микрофлоры кишечника: большинство исследователей не обнаруживает существенной разницы между опытными и контрольными животными. Правильнее говорить, что при систематическом введении в организм антибиотиков происходит изменение метаболизма микробных клеток. В результате этих изменений понижается вирулентность патогенных бактерий, уменьшается количество токсических веществ, вырабатываемых микроорганизмами, понижается использование микрофлорой нужных для микроорганизма продуктов обмена. С другой стороны, влияя на организм в целом, антибиотики способствуют улучшению корреляции обмена веществ, стимулируют секреторную, моторную и всасывающую функцию желудочно-кишечного тракта. Наконец, антибиотики способствуют общему улучшению состояния организма, повышая его устойчивость к неблагоприятным воздействиям и влияя на возбудителей скрытой инфекции.

Применение антибиотиков в качестве кормовых добавок приобрело в настоящее время большое распространение. Ежегодно сельскохозяйственным животным скормливаются тысячи тонн антибиотических продуктов. Очевидно, что с повышением роли

химической промышленности в народном хозяйстве использование антибиотиков станет еще шире. Исследование механизмов действия антибиотиков позволяет точнее учесть их правильное применение. Известно, что антибиотики в качестве стимулятора роста могут быть эффективны лишь в микродозах. Международное совещание по проблеме немедицинского применения антибиотиков, работавшее в Женеве в 1963 г., установило оптимальную дозировку: 20 г препарата на 1 т кормовой массы. Совещание признало также лучшими кормовыми антибиотиками хлортетрациклин, окситетрациклин и пенициллин. Стрептомицин для применения в животноводстве не рекомендован в связи с относительно большой токсичностью и частым проявлением антибиотикоустойчивости у микроорганизмов.

Во многих странах мира ведутся испытания других антибиотиков для нужд сельского хозяйства. Среди них: олеандомицин, эритромицин, неомицин, гитромицин и др. Однако широкое использование в животноводстве препаратов, уже применяемых в медицине, имеет существенное отрицательное значение. Возникает опасность расширения числа устойчивых к антибиотикам штаммов микроорганизмов, что значительно осложнило бы борьбу с инфекционными заболеваниями. Поэтому стоит вопрос о поисках специальных кормовых антибиотиков. В журнале «Природа»¹ уже сообщалось о получении специализированных препаратов витаминина и кормогризина, выделенных и испытанных под руководством чл.-корр. АН СССР Н. А. Красильникова.

Предпринимаются попытки комплексного применения антибиотиков совместно с другими веществами, способствующими стимулированию роста (витамины, микроэлементы). Такое сочетание дает, как правило, лучшие результаты. Использование антибиотиков вместе с микроэлементами имеет особое значение в связи с новыми данными о механизмах действия антибиотиков тетрациклинового ряда. Известно, что эти микробные препараты, образуя комплексы с тяжелыми металлами, могут обеднять кормовые продукты.

О. А. Г о м а з к о в

Кандидат биологических наук

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

УДК 615.779.9

¹ См. «Природа», 1962, № 7, стр. 62.

КЛИМАТ И ГРОЗЫ

Мировыми грозовыми очагами называют несколько условно те районы земного шара, на территории которых среднее годовое число дней с грозой составляет 100 и более. Образование таких очагов связано с благоприятными для развития гроз местными условиями (высокая температура, влажность воздуха и рельеф местности, способствующий развитию мощной конвекции).

До недавнего времени самым крупным очагом грозовой деятельности на земном шаре был район города Богора в Индонезии (высота над ур. м. 170 м, долгота $106^{\circ} 46'$, широта $06^{\circ} 33'$). В 1841—1857 гг. среднее число дней с грозой составляло здесь 151. К периоду 1916—1919 гг. оно возросло до 322 (С. Braak, «The Climate of Netherlands Indies», 1925). В настоящее время годовое число грозовых дней в районе Богора сильно уменьшилось, и за период 1953—1962 гг. характеризуется следующими данными:

Год	Число грозовых дней	Год	Число грозовых дней
1953	4	1958	8
1954	6	1959	4
1955	15	1960	9
1956	9	1961	31
1957	12	1962	41

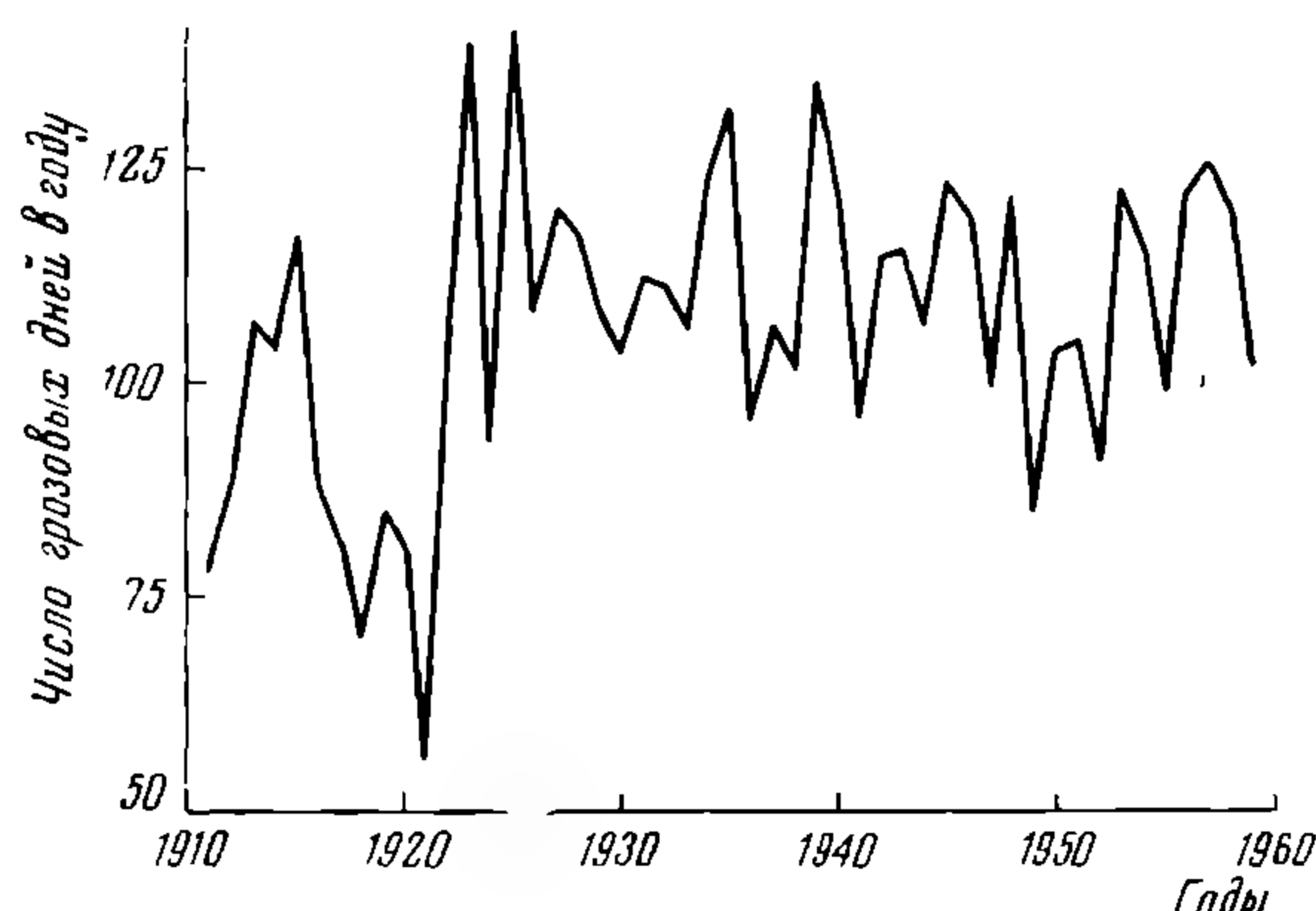
Анализируя эти цифры, мы приходим к выводу, что мировой грозовой очаг в районе Богора или перестал существовать, или переживает длительную и глубокую депрессию.

Колебания средних месячных температур в районе о-ва Ява за последние 60 лет не превышают $1,0—1,5^{\circ}\text{C}$. Поскольку в течение этого времени температурный режим оставался стабильным, понижение уровня грозовой деятельности в районе Богора в какой-то мере можно отнести за счет изменений в испарении. Действительно, в 20—30 гг. нашего века на о-ве Ява заметно уменьшилось количество выпадающих осадков (особенно засушливыми были 20-е годы).

Некоторое влияние на эволюцию грозовой активности здесь могли оказать и многочисленные вулканы. В сравнении с концом прошлого века вулканическая деятельность в Индонезии заметно изменилась.

Иная картина наблюдается в Бразилии. Здесь нам известно 18 станций, где годовое число дней с грозой превышает 100. Наиболее интенсивная грозовая деятельность в бразильском очаге наблюдается вблизи Карауары (высота над ур. м. 81 м, долгота $66^{\circ} 54'$, широта $4^{\circ} 57'$). В отдельные годы число дней с грозой в этой местности превышало 200. Но район Карауари характеризуется большой амплитудой изменения грозовой деятельности. Хотя в среднем годовое число дней с грозой здесь достаточно велико, в отдельные годы оно сильно уменьшается (например, в 1953 г. — до 16). В общем же, в районе Карауари наблюдается явно выраженная тенденция к снижению уровня грозовой деятельности (см. табл. на стр. 66).

Более стабилен второй максимум бразильского грозового очага, расположенный вблизи Мату-Гросу. О его деятельности можно судить по длительному ряду наблюдений (см. график) ближайшей к Мату-Гросу станции Куяба (высота над ур. м. 165 м, долгота $56^{\circ} 06'$, широта $15^{\circ} 35'$).



Измерение числа грозовых дней в году на станции Куяба (Бразилия) за период с 1911 по 1959 гг.

Год	Число грозовых дней	Год	Число грозовых дней	Год	Число грозовых дней
1932	235	1940	242	1949	166
1933	208	1941	222	1953	16
1934	221	1944	166	1954	59
1935	211	1945	116	1955	89
1936	221	1946	163	1956	104
1938	158	1947	144		
1939	193	1948	192		

Изменение числа дней с грозой за период с 1911 по 1959 гг. показано в графике. Из этого графика видно, что в районе Куяба бразильский грозовой очаг флуктуирует вблизи уровня, слегка превышающего 100 грозовых дней. За последние 60 лет здесь не было отмечено существенных изменений в количестве выпадавших осадков. К сожалению, по станции Куяба нет достаточно длительного и однородного ряда наблюдений температуры. Если же судить о ходе температуры в Куяба по температуре смеж-

ных областей, то для сравнения можно было бы взять Рио-де-Жанейро, где в течение всех месяцев года, кроме ноября и декабря, намечается тенденция к повышению температуры в пределах $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$. Учитывая стабильность грозового очага в районе Куяба мы приходим к выводу, что с течением времени температура здесь оставалась на неизменном уровне, а если и менялась, то незначительно. Колебания уровня грозовой деятельности в районе Карауари, по-видимому, связаны с заметными в последние десятилетия XX в. колебаниями в количестве выпадающих осадков на севере Бразилии.

Таким образом, изменения в деятельности мировых грозовых очагов достаточно отчетливо указывают на эволюцию климатических характеристик местности.

Профессор В. И. Арабаджи
Педагогический институт им. Л. Н. Толстого (Тула)
УДК 551.515.4

САНИТАРЫ МОРЯ

Всем хорошо известны мидии, черно-синие двустворчатые моллюски, живущие большими сообществами во всех морях, преимущественно в прибрежной зоне. Они ведут неподвижный образ жизни, прочно, словно якорями, прикрепляясь к субстрату и друг к другу с помощью биусусных нитей.

Для того чтобы обеспечить себя пищей, мидии фильтруют воду, прогоняя ее большими массами через полость тела вместе с многочисленными организмами и взвешенными частицами. Это явление носит название биофильтрации. Мерцательные реснички, покрывающие поверхность мантии и жабр, способствуют созданию тока воды через тело. В течение часа мидия среднего размера может профильтровать около литра воды, а более крупные моллюски — свыше литра!

Пригодные для питания отмершие частицы водорослей и животных, некоторые наиболее мелкие компоненты планктона проходят через кишечник моллюска и усваиваются им. Негодные для питания частицы после

прохождения через тело мидии облекаются слизью и в виде прочных слизистых шнуров (псевдофекалий), иногда даже минуя кишечник, выбрасываются наружу. Вода, окружающая мидий, таким путем осветляется и очищается от взвешенных в ней частиц.

Если учесть, что мидий в прибрежной зоне морей огромное множество и что скорость фильтрации значительна, можно считать их влияние на прозрачность и плотность воды прибрежий весьма ощутимым. Однако влияние мидий на качество воды мелководий не ограничивается только тем, что она становится прозрачнее, светлее. Под воздействием этих моллюсков вода становится к тому же и чище, даже в тех случаях, когда в ней растворена ядовитая для многих водных растений и животных нефть. В этом мы убедились после ряда экспериментов.

Водные вытяжки из нефти разных концентраций мы разливали в сосуды с мидиями и в такие же сосуды без мидий. Ровно через сутки сравнивали качество воды в тех и

других сосудах. Оказалось, что вода в сосудах с мидиями имеет меньшую интенсивность нефтяного запаха и меньшую величину окисляемости, иначе — содержит меньшее количество растворенной в воде нефти, чем вода в сосудах без мидий. При содержании нефти, нечувствительном для мидий (от 1 до 10 мл/л), когда по скорости фильтрации и по реакции на раздражение мидии не отличаются от контрольных, такая разница в очищении воды особенно заметна. Прослеживается она и при чувствительных для мидий концентрациях нефти (от 20 до 70 мл/л), даже несмотря на то, что фильтрация воды по сравнению с контролем ослаблена. Каждая упомянутая концентрация нефти означает не истинное содержание нефти в воде, а то количество нефти, из которого готовилась вытяжка.

Вода, загрязненная нефтью, пропускается мидией через полость тела таким образом, что мельчайшие капельки нефти извлекаются из нее, обволакиваются слизью и в виде слизистых шнуров коричневого цвета выбрасываются наружу. В том, что псевдофекалии такого рода представляют собой именно связанную слизью нефть, мы убедились простым способом. Собирали псевдофекалии, помещали их в пробирку с водой и бензолом, все это взбалтывали и отстаивали. Получалось желтое окрашивание бензола, характерное для тех случаев, когда бензол растворяет в себе нефть.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что мидии — поистине настоящие санитары моря, которым принадлежит важная роль в очищении мелководий бухт и заливов от нефти.

Что же способствует выживанию мидий в загрязненной нефтью воде?

С одной стороны, высокая выносливость этих животных. Они переносят большие колебания солености (от 5 до 40‰), большие колебания температуры (от -2° до $+35^{\circ}$), анаэробные условия (отсутствие кислорода), присутствие сероводорода. Они могут долгое время находиться без воды (по нашим данным, от 7 до 15 суток при температуре от 14 до 21°) и выживают вблизи канализационных стоков.

С другой стороны, выживанию мидий помогает их способность некоторым образом регулировать поступление ядовитых веществ в организм. Так, мы наблюдали, что при загрязнении воды количеством нефти, чувствительном для мидий (начиная с 20 мл/л),

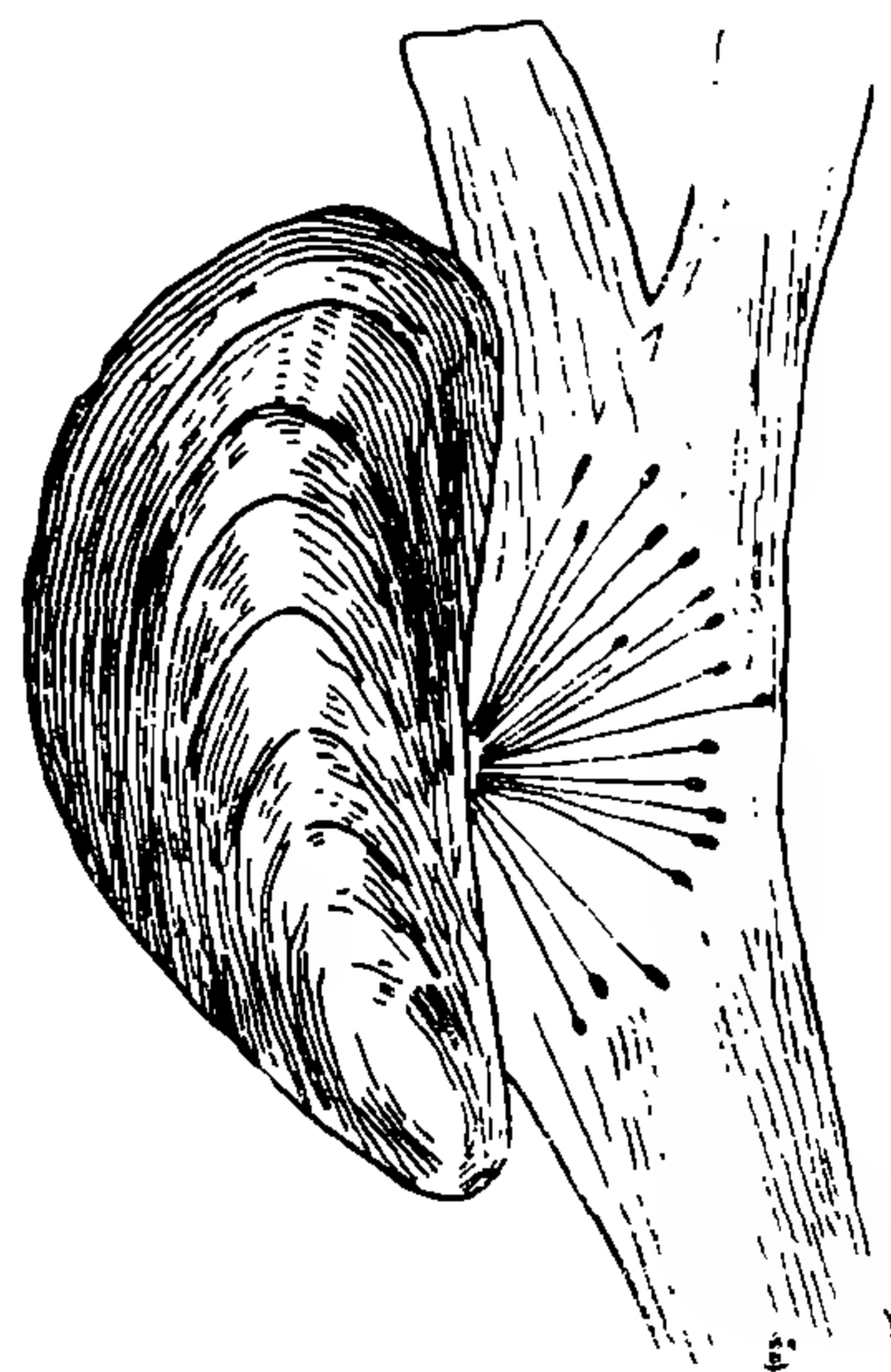
створки раковин моллюсков на некоторое время наглухо закрываются. При этом респираторная циркуляция воды полностью прекращается до тех пор, пока действие растворенной в воде нефти не ослабнет благодаря выделению ее капелек в пленку и на дно сосуда, за счет ее окисления.

Мы изучали распределение мидий в Новороссийской бухте — одной из самых за-

грязненных нефтью бухт Черного моря. Количество сырой нефти в ее прибрежных водах порой превышает 80—100 мл/л, а растворенная в воде нефть достигает десятков и даже сотен миллиграммов на литр. Естественно, что такое загрязнение воды отражается на качественном и количественном составе всех живых обитателей бухты. А вот мидии, благодаря своей выносливости и способности уменьшать чувствительность к загрязнению путем временного прекращения фильтрационной работы, живут в самых загрязненных нефтью местах бухты — и благоденствуют. Колонии мидий на таких участках с хорошим водообменом, как правило, многочисленны, и особи по размерам не отличаются от мидий чистых участков.

До сих пор мы рассматривали, как мидии влияют на качество морской воды, на ее чистоту. А как сама загрязненная вода влияет на мидий?

Несмотря на устойчивость мидий к загрязнению воды нефтью, нельзя считать, что нефть абсолютно безвредна для этих моллюсков. Так, например, длительное воздействие чувствительных для мидий количеств нефти не может не отразиться на моллюсках. Ведь долгое время такие мидии вынуждены либо очень слабо фильтровать воду, либо оставаться совсем закрытыми, и недостаток пищи несомненно тормозит их рост. На участках Новороссийской бухты с плохим водообменом и с постоянным за-



Мидии прочно прикрепляются к субстрату при помощи своих биссусных нитей

грязнением нефтью встречаются более мелкие мидии, чем на загрязненных участках хорошего водообмена. Совсем не встречаются мидии вблизи спуска аммиачных вод, на мелководных участках стоянки многих рыболовецких судов, в местах, близко расположенных от слива вод мясокомбината. В некоторых случаях загрязнение воды вызывает у мидий нарушение обмена веществ и накопление ядовитых веществ.

Известно, что мидии с давних времен употребляются человеком в пищу. Мясо их очень питательно: оно содержит большое количество белков, жиров, легкоусвояемого гликогена и витаминов. Но употребление в пищу моллюсков, собранных на загрязнен-

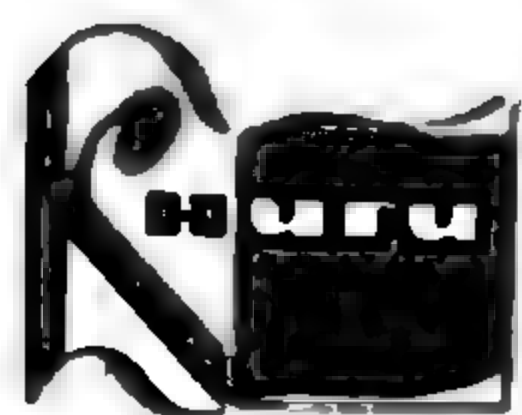
ных сточными водами участках моря, может вызвать настоящие эпидемии. Такие мидии содержат на раковине и на теле множество патогенных бактерий, возбудителей инфекционных кишечных заболеваний. Непригодны в пищу и мидии с участков моря, загрязненных нефтью, поскольку мясо таких моллюсков имеет сильный нефтяной привкус.

Мы — за чистоту наших бухт и заливов, за охрану от загрязнения мест обитания мидий, этих полезных для моря и человека животных — санитаров наших морей.

И. О. Алякринская

Новороссийская биологическая станция

УДК 694



Академик Д. Н. Прянишников

ПОПУЛЯРНАЯ АГРОХИМИЯ

Изд-во «Наука», 1965, 400 стр.,
ц. 1 р. 50 к.

«С именем Дмитрия Николаевича Прянишникова связан почти 60-летний период развития агрономической химии в нашей стране. Общеизвестен его фундаментальный вклад в учение о питании высших растений и применении удобрений. На его трудах воспитано много поколений агрономов и научных работников в области агрохимии, физиологии и биохимии растений.

На основе разработанных им теорий, вошедших в учебники на всех языках, агрохимия одерживает новые победы и в наши дни, а выводы из его экспериментальных работ служат руководящими указаниями для практики рационального использования органических и минеральных удобрений — важнейшего средства повышения плодородия почвы и подъема урожайности возделываемых культур». Эти слова доктора сельскохозяйственных наук А. В. Петербургского характеризуют значение трудов акад.



Д. Н. Прянишникова, небольшая часть которых вышла в изданном к 100-летию со дня рождения ученого (6 ноября 1965 г.) сборнике под названием «Популярная агрохимия».

В него вошла глава из книги «Агрохимия» об истории развития учения о питании растений, обзор, написанный совместно с М. К. Домонтовичем о достижениях агрономической химии за 1918—1928 гг., статьи «Сто лет агроно-

мической химии» (1936), «Агрохимия на службе урожая» (1941) и др.; значительное место уделено трудам ученого об удобрениях — фосфорных, азотных, калийных, сочетанию органических и минеральных удобрений, роли удобрений в подъеме урожайности в нечерноземной полосе. Большой интерес представляет раздел «Основные вопросы химизации земледелия в СССР», в который включены такие произведения, как «К вопросу о химификации нашего земледелия» (1924), «Мальтус и Россия» (1927), «Размеры химической промышленности и вопрос о севооборотах в третьей пятилетке» (1937) и др. Особо выделена работа «Травополье и агрохимия» (1937).

Несмотря на то, что названные сочинения написаны четверть века тому назад и ранее, а некоторые — и свыше полувека, актуальность их не ослабела до нашего времени. Они и сейчас служат делу дальнейшего подъема сельского хозяйства нашей страны.

Для сельской интеллигенции, для каждого агронома, работников совхозов и колхозов «Популярная агрохимия» Д. Н. Прянишникова — серьезное подспорье в повышении их квалификации, в пропаганде агрохимии, идей химизации.

ПОСАДКИ ДЕРЕВЬЕВ В ТУНДРЕ

Почему в тундре не растут леса? Эта проблема почти полтора века волнует исследователей, ученых. Было высказано много различных гипотез и предположений, но и до сих пор это явление осталось необъясненным. Факторы, вызывающие безлесие тундры, недостаточно ясны. Может быть, поэтому мысль о возможности преодоления безлесья тундры разделяется далеко не всеми исследователями Крайнего Севера.

Общеизвестно распространенное мнение, что деревья в тундре (севернее границы лесов) не растут из-за недостатка тепла. В самой общей форме эта точка зрения была высказана в первой половине XIX в. А. Гумбольдтом, разделялась она и известным ученым А. Гризебахом, который первый предположил, что северные пределы лесов совпадают со средней июльской изотермой в 10° . Этим он уточнил, что расселению деревьев в тундре препятствует недостаток летнего тепла. Некоторые ученые считают, что причины того или иного распространения деревьев в наших северных широтах следует искать в особенностях зимнего периода. Зимой, как теперь установлено, у деревьев не прекращается испарение. Это нарушает водный баланс в холодное время года и может привести даже к гибели дерева. Как ни малы траты на испарение в эти холодные

месяцы с ничтожной инсоляцией, их не может покрыть вода, слабо и непостояннодвигающаяся от корней к ветвям. На большей части Севера Евразии, на полярной границе лесов растут листопадные, малоиспаряющие древесные породы. Это явление рассматривается обычно, как приспособление деревьев к зимнему испарению.

Впервые мысль о влиянии зимнего иссушения на распределение деревьев у их северных пределов высказал в конце XIX в. финский ученый А. Кильман. Он проводил исследования на Кольском Севере и считал, что зимой под действием ветров происходит иссушение молодых древесных побегов. Пополнение влаги, когда почвы проморожены, невозможно, и это приводит к отмиранию ветвей. Непрерывно, из года в год повторяющееся отмирание побегов приводит к образованию уродливых стланиковых

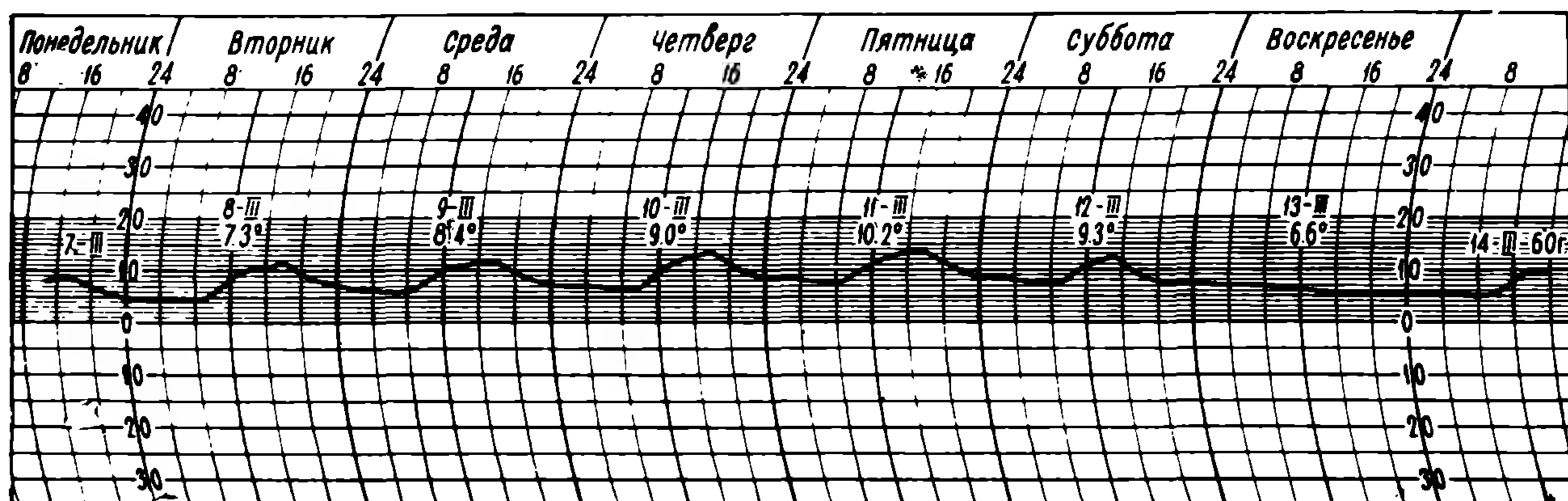


Рис. 1. Минимальные температуры, при которых начинается распускание листьев, хвой и рост побегов у деревьев и кустарничков, растущих вдоль северной границы лесов и в южной тундре. Опыты проводились в лаборатории и были подтверждены наблюдениями в естественных условиях. Запись на ленте термографа-самописца. Под датами — средние суточные температуры



Рис. 2. Хибинь. Ели сибирские, пересаженные в горную кустарничковую тундру весной 1959 г. Утолщение в верхней части правой ели свидетельствует о том, что в 1959—1961 гг. прирост был слабый. В 1963—1964 гг. прирост равнялся 20—22 см, т. е. был такой же, как в лесной зоне

форм деревьев и может вызвать их гибель. Это явление, по мнению некоторых ученых, и ограничивает распространение деревьев на Севере.

Таким образом, присутствие стланиковых деревьев в тундре может быть объяснено действием ветров и влиянием более высокой температуры в приземном слое воздуха.

Работая много лет в Заполярье, мы провели ряд опытов по определению требований к теплу тех деревьев, которые выходят за северные и верхние пределы лесов. Такие же опыты были проведены с некоторыми кустарниками и кустарничками, встречающимися одновременно и в тундре, и в северных лесах. В результате опытов было установлено, что береза извилистая, ель финская и сибирская, лиственница сибирская и даурская, растущие на северной границе лесов на большей части Евразийского континента, а также березка карликовая, черника, голубика, брусника предъявляют почти одинаковые требования к теплу. У них может распускаться листва и начинаться рост побегов уже при средних суточных температурах в 7—8°. Но при этом дневные температуры, превышающие 11°, обязательно долж-

ны продержаться не менее 3—4 час. (рис. 1). Если эти условия сохраняются 4—5 недель, то у этих деревьев и кустарников образуется нормальный прирост, они цветут и плодоносят. И если кустарники у северных границ лесов начинают распускать листья несколько раньше, чем деревья, то это объясняется тем, что в приземном слое воздуха днем всегда теплее, чем на уровне крон. Анализ материалов метеостанций, расположенных в тундре, показал, что действительные границы лесов отстают от своих возможных тепловых пределов на 180—350 км.

Весной 1959 г. в горной тундре Кольского полуострова мы построили ветрозащитные за-

слоны — деревянные заборы в виде полукруга, направленные выпуклой стороной к господствующим зимой северо-западным ветрам. У этих заслонов в зоне ветровой тени было посажено 10 елей, которые полностью прижились и через год-два стали давать нормальный прирост. В 1960 и 1961 гг. было построено еще несколько таких заслонов и рядом с ними пересажены березы и ели, также прижившиеся и дающие теперь нормальный прирост. Под одним из ветровых заслонов росло несколько стланиковых елей, у которых после 1959 г. увеличился прирост побегов (по сравнению с такими же елями, находящимися в открытой тундре). Хвоя у них в 1959 г. была крупнее, чем в 1958, а в 1960 — крупнее, чем в 1958 г. Некоторые из этих стланиковых елей дали вертикальные побеги, и в настоящее время у них появляется тенденция превратиться в нормальные деревья с вертикальным стволом. Впоследствии несколько ветрозащитных заслонов было снято, но деревья, оставшиеся без прикрытия (рис. 2), продолжают и сейчас нормально расти и даже плодоносить.

Таким образом, опыты показали, что между современными верхними границами лесов в Хибинах и их возможными тепловыми пре-

делами существует разрыв в 200—300 м. Тепловые возможности этой полосы не могут быть использованы деревьями из-за сильных зимних ветров, угнетающих их физиологически и механически. В естественных условиях деревья и кустарники здесь не превышают высоты снегового покрова, под которым они зимой находят защиту. Если же пересадить деревья уже взрослыми, превышающими высоту снегового покрова, и дать им возможность укрепиться, то потом они продолжают нормально расти и развиваться. Молодые естественно возобновленные деревья в тундре, если у них еще не погиб вертикальный побег, в условиях защиты их от ветров, могут превратиться в нормальные деревья с вертикальным стволом.

В дальнейшем у деревьев, около которых снята ветрозащитная ограда, будут, по-видимому, формироваться двойные кроны. Нижняя часть кроны соответствует высоте снега, голый отрезок ствола до начала верхней кроны «отмечает» мощность слоя, в котором ветром переносится основная масса взвешенного снега и частичек почвы, корродирующих ветви и приводящих их к гибели.

В естественных условиях у северных границ лесов такие формы деревьев образуются в результате своеобразного сочетания климатических условий. Пониженные на протяжении нескольких лет скорости ветров (а такие явления характерны для любых зон) позволяют деревьям пройти опасную полосу ветрового механического корродирования. Впоследствии, когда скорости ветров возрастают до своих обычных значений, у деревьев образуется голая часть ствола. Верхняя часть кроны обычно развивается нормально.

Для использования тепловых возможностей южной подзоны тундры при посадках деревьев здесь требуется разработка агротехники с учетом местных условий. Знание этих условий совершенно необходимо для озеленения городов и поселков, расположенных в тундре, создания там лесных полос и т. п. Например, на Кольском Севере зимние ветры часто сопровождаются оттепелями; в Восточной Сибири оттепелей зимой не бывает. На Кольском Севере вечная мерзлота встречается пятнами, здесь грубые пес-



Рис. 3. Воркута. Питомник древесных растений, в котором растут ель сибирская, берёза извилистая, различные виды древовидных ив. Вследствие недостаточно хорошо разработанной агротехники, не все эти растения приживаются на улицах и скверах Воркуты

чано-каменистые грунты; в Восточной Сибири — мощные слои вечной мерзлоты, тонкий деятельный слой, оттаивающий летом, и мелкоземистые грунты. Разумеется, и агротехника в этих условиях должна быть различной (рис. 3).

В настоящее время в тундровых поселениях, расположенных на берегу Баренцева моря (Териберка, Лодейное, Гремиха и др.), население, не без успеха, озеленяет свои улицы. Значительное препятствие для более успешного развития этого дела — отсутствие питомников, недостаточно разработанная агротехника и т. д.

Большой разрыв между действительными границами лесов и их возможными тепловыми пределами в значительной степени обусловлен потеплением, охватившим весь земной шар с начала нашего столетия. Потепление это не превышает 1—1,5°, а отставание действительных границ лесов от их потенциальных тепловых рубежей равняется 3,0—3,5, даже 4°. Поэтому прекращение потепления сократит этот разрыв, но не сведет его на нет.

В. В. Крючков
Кандидат географических наук
Москва

УДК 632.525



ПРОЧНО И КРАСИВО

ЧЕШСКОЕ СТЕКЛО — НОВЫЙ КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Все, кто осенью 1965 г. побывал в чехословацком павильоне Международной выставки «Химия» в Сокольниках, видел разнообразные изделия из стекла. Это были и изящные стеклянные фигурки, и сказочно расцвеченные вазы, и сверкающие алмазным блеском хрустальные люстры. Но не только эта, ставшая традиционной, красочная продукция чехословацких стеклоделов привлекала внимание посетителей павильона. Обладая большой сырьевой базой и огромным производственным опытом, ЧССР выпускает теперь широкий ассортимент изделий из «песка и огня», пользующихся известностью во всем мире. Среди них машинное стекло, заменители цветных металлов, плавленный базальт, не уступающий по своим качествам марганцевой стали, и много других технических новинок. Продукция из стекла оказывает заметное влияние на развитие важнейших отраслей народного хозяйства Чехословакии.

В настоящее время промышленность остро ощущает нужду в высококачественных материалах. Из года в год повышаются требования к конструкционным материалам в отношении их устойчивости к влиянию химических реагентов. Если еще недавно значение коррозии рассматривалось лишь с точки зрения порчи материала, вызывающей сокращение срока службы оборудования, то теперь введен более строгий критерий, заключающийся в требовании, чтобы даже следы продукта коррозии не попадали в изделия, вследствие чего могло бы снизиться их качество.

Конструкторы химического оборудования все чаще прибегают к таким материалам, как тантал, титан, молибден, вольфрам и др., которые еще десять лет тому назад не вызывали особого интереса и были для конструкторов просто названиями редких металлов. Иное дело теперь. Не говоря уже о названных металлах, многие другие важные материалы начинают оцениваться по достоинству только в нашу эпоху. Речь идет, прежде всего, о силикатах, которые давно и достаточно хорошо проявили свои прекрасные свойства, но которым только в наши дни, благодаря новейшей современной технологии, мы нашли применение.

Главную роль играет здесь стекло, мате-

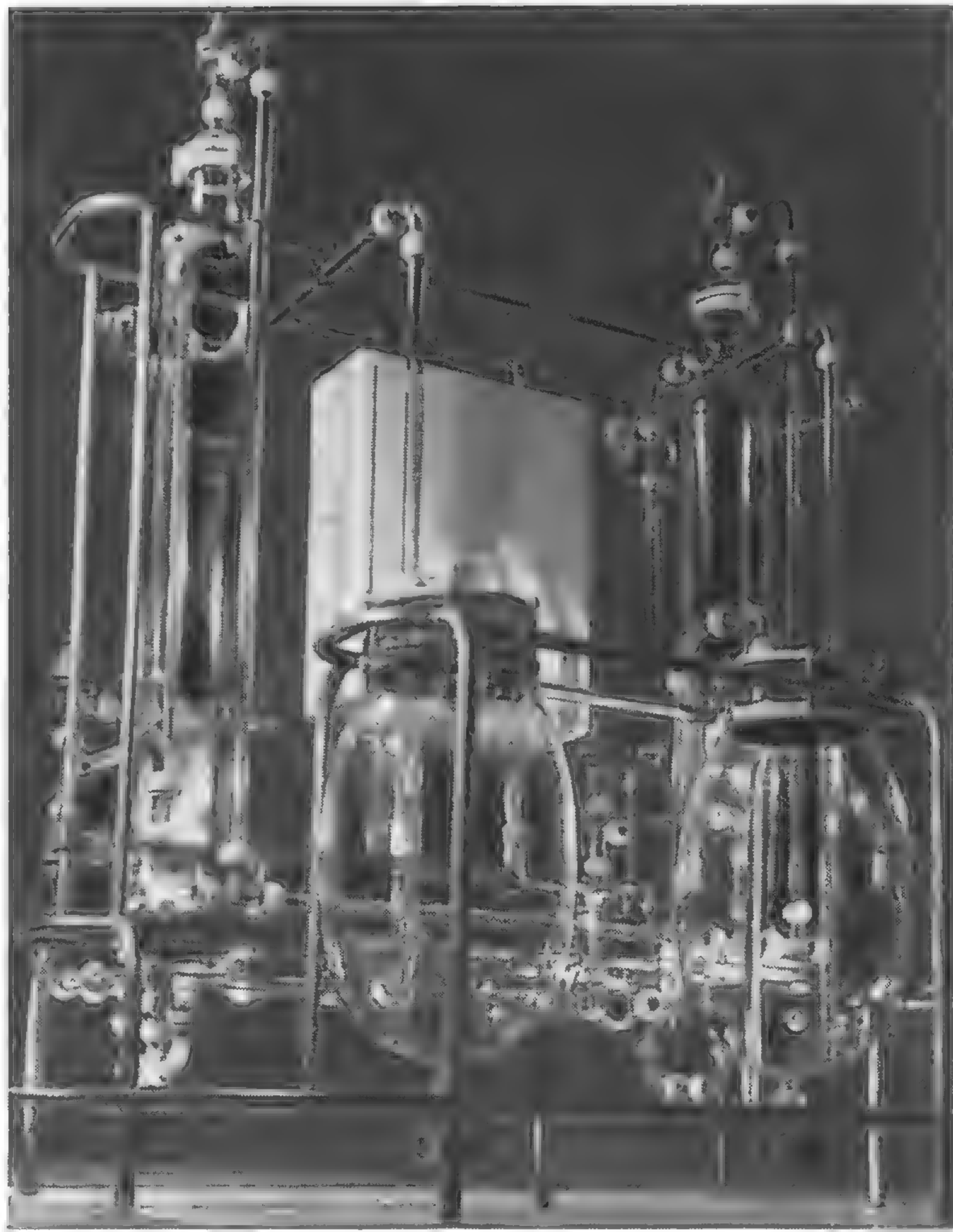
риал, близкий по своей природе нашей земной сфере. Говоря так, мы имеем в виду то, что по своему составу стекло весьма сходно с основными веществами, составляющими верхний слой Земли, и обладает при этом идеальными свойствами: совершенной стойкостью против коррозии, совершенной гладкостью и твердой поверхностью, а также единственной в своем роде, не сравнимой ни с какими другими материалами, прозрачностью.

На многих современных предприятиях проложены километры стеклянных трубопроводов, по которым с абсолютной надежностью протекают самые разнообразные продукты: молоко, вино, серная кислота... Из стекла изготавливается крупногабаритная аппаратура: реакторы, выпарные установки, дистилляционные установки, дающие сотни килограммов дистиллята в час, ректификационные колонны высотой в несколько десятков метров. На изготовление одной такой колонны необходимы целые тонны стекла.

В настоящее время стеклянные трубопроводы и стеклянная аппаратура завоевали прочное положение, они находят столь широкое применение, что без них вообще невозможно представить современное производственное предприятие. Помимо статических видов оборудования, мы встречаемся



Так выглядит котел-реактор, все детали которого выполнены из стекла чехословацкого производства (слева); вакуумный выпарной аппарат с циркулирующей жидкостью; производительность 10 л/час. Смонтирован из стандартизированных стеклянных деталей, изготовленных в Чехословакии (справа)



Аппарат для дистилляции воды, изготовленный из высококачественного технического стекла (слева); полуавтоматическая установка для деионизации воды при помощи смол-ионообменников. Стеляные колонны, фильтры, бункеры чехословацкого производства не только надежны, но и изящны (справа)

в цехах и заводах с самой разнообразной арматурой, изготовленной из стекла (краны, вентили, клапаны); из стекла изготавливаются мешалки и смесители; не поражают нас и стеклянные поршневые или центробежные насосы.

Стеклянные трубопроводы и аппараты с равным успехом применяются и в сельском хозяйстве. Все, знакомые с новыми автоматическими устройствами из стекла для дойки коров, высоко их оценили. Стеклянные трубопроводы используются и при стойловом откорме свиней. Стекло применяют даже в таких случаях, для которых это, казалось бы, совершенно исключено. Так, например, оно часто используется в качестве теплоизоляционного материала — именно плохая теплопроводность стекла служит причиной того, что стекло обычного исполнения не переносит внезапных изменений температуры.

Несмотря на то, что теплопроводность стекла в 300 раз ниже, чем у меди, и в 30 раз ниже, чем у стали, оно все чаще применяется как раз для постройки теплообменников. Высокая стойкость стекла против воздействия химических реагентов и возможность изготовления легких холодильных и обогревательных установок — эти преимущества свойственны только стеклу, хотя при изготовлении таких установок приходится несколько увеличивать общую поверхность теплообмена по сравнению с металлическими теплообменниками.

В Чехословакии традиционное производство стекла продолжает совершенствоваться, выпускается не только сложное лабораторное, но и техническое стекло. Накоплен большой опыт в области изготовления и многостороннего применения стеклянных трубопроводов и аппаратуры в самых различных отраслях народного хозяйства в частности, в пищевой, фармацевтической и химической промышленности. Стекло становится незаменимым материалом, а по степени оснащённости стеклянными трубопроводами чехословацкая пищевая промышленность стоит на первом месте в мире.

В настоящее время чехословацкие стеклянные трубопроводы различного диаметра изготавливаются из высококачественного боровосиликатного сырья, длина звеньев достигает 3 м. На месте монтажа они соединяются при помощи механических винтовых или фланцевых элементов. Эти элементы — единственная не стеклянная часть трубопровода,

изготовленная, как правило, из специальных резиновых смесей.

Широкий ассортимент выпускаемых в ЧССР стеклянных технических изделий открывает возможность создавать как индивидуальные установки из типизированных деталей, так и стандартную комплектную аппаратуру, пригодную для использования в сложных химико-технологических процессах. Это прежде всего стеклянные соединительные элементы: цилиндры диаметром 300 мм, сосуды, колбы и котлы, емкостью 100—150 л, теплообменники, у которых стеклянная деталь диаметром 300 мм и длиной 750 мм составляет поверхность теплообмена, равную 3,5 м². Сюда же надо отнести крышки различного исполнения, некоторые виды запорной и стопорной арматуры, причем, не только обычные стеклянные краны, но также клапаны и вентили с дистанционным управлением при помощи сжатого воздуха.

Особенную известность получили составленные из стандартизированных деталей реакторы, емкостью 15, 30, 50, 75, 100 и 150 л, оснащенные крышкой, стеклянным обогревательным или охлаждающим змеевиком и стеклянной мешалкой, с собственным электродвигателем, укрепленным на подставке реактора.

Широко применяются собранные из стеклянных деталей циркуляционные выпарные аппараты, использующиеся при атмосферном давлении и в условиях вакуума. Их производительность составляет 2, 5, 10 и 20 л/час. Выпарительные аппараты оснащены устройством, позволяющим осуществлять спуск конденсата без нарушения вакуума в аппаратуре. Начиная с 1965 г. выпускается несколько реконструированный тип выпарного аппарата с новым циркуляционным калорифером улучшенного исполнения.

Особо следует сказать и об аппаратах для водоподготовки. Здесь речь идет, прежде всего, о дистилляционных аппаратах, производительностью 60 и 100 л воды в час. Для современного способа водоподготовки холодным путем при помощи смол-ионообменников создаются установки производительностью 400 л/час. Эти установки оснащены системой центрального механико-пневматического управления, устройством для определения качества воды с электрической сигнализацией предельных состояний. В случае чрезмерно больших габаритов установок комбинируются крупные нестеклянные ап-

параты со стеклянными элементами. В качестве примера укажем на крупногабаритные эмалированные котлы со стеклянными трубопроводами, колоннами и холодильниками.

Таково современное состояние и возможности применения стекла для изготовления деталей химического оборудования в Чехословакии. Однако здесь названы только те виды технического стекла, производство ко-

торых освоено в полной мере. В результате новейших исследований создаются новые силикатные материалы, обладающие еще лучшими механическими свойствами, открывающими перед стеклом необозримые горизонты. Наряду с ценными техническими качествами этот материал превосходит и с эстетической точки зрения.

*В. л. Выхуок
г. Либерец, ЧССР*

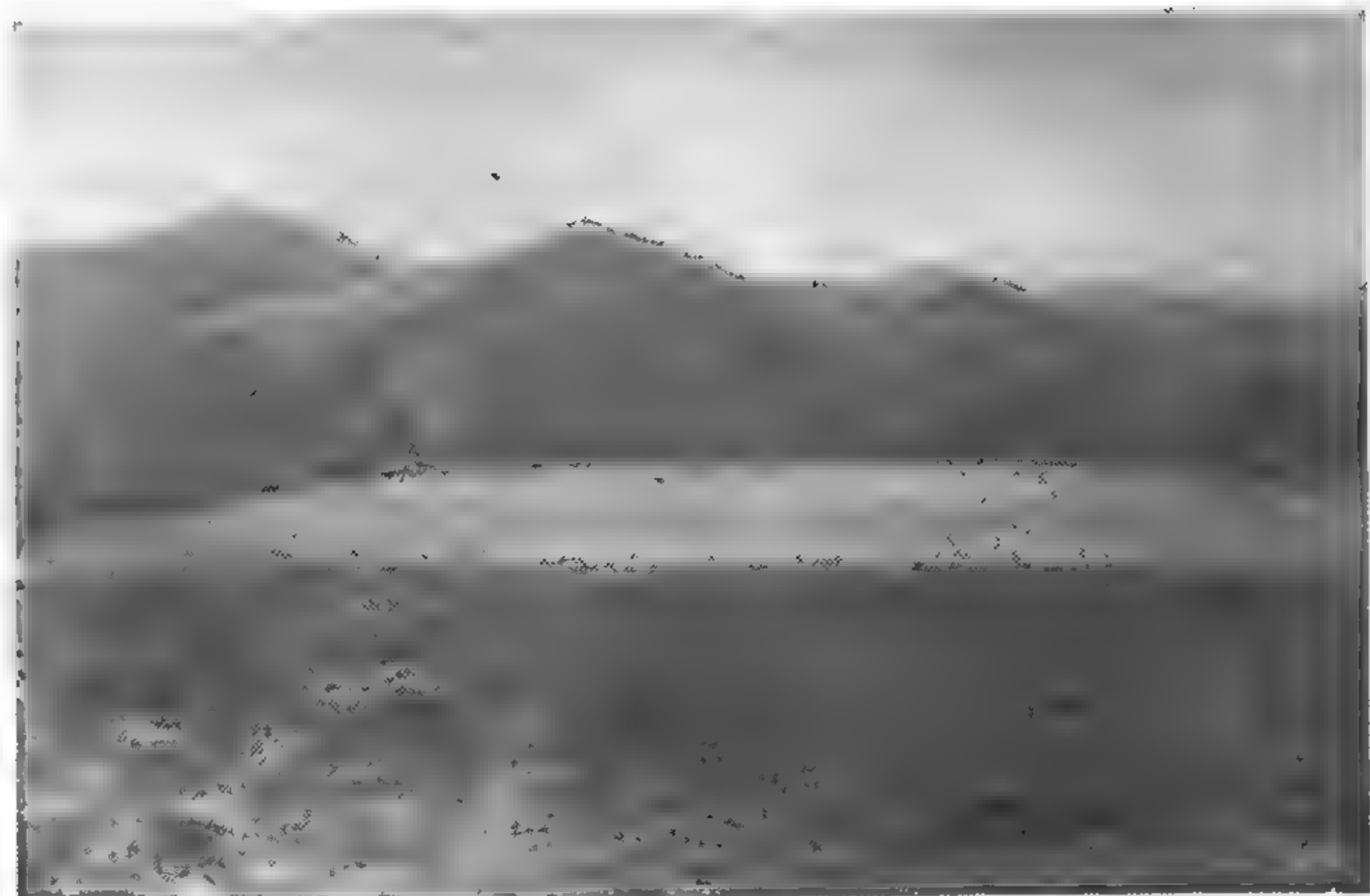
УДК 666. 1/.

**Заметки,
Наблюдения**

В ГОРАХ ВЕРХОЯНЬЯ

Когда летишь от р. Лены на восток, к горам Верхоянья, сначала пролетаешь низкую заболоченную Приленскую равнину с обилием озер, затем полого-холмистое нагорье и, наконец, появляются полные величия горы. Они невысоки (1500—2000 м), но поражают своей суровостью, гребневидными вершинами, глубокими каньонами, крутыми голыми склонами. Сверху кажется, что здесь не пройдешь без специального альпинистского снаряжения и продолжительной тренировки.

На земле оказалось все значительно проще. Мы, геологи, быстро привыкли к крутым склонам, непроходимым перевалам и глубоким каньонам, а через месяц чувствовали себя здесь как дома. Ходили в маршруты, вели геологическую съемку, искали полезные ископаемые, одним словом, с увлечением занимались своим любимым делом. Много интересного и нового увидели мы в этих замечательных местах. Неожиданно для себя мы установили, что водораздел Лены и Яны представляет собой не узкий гребневидный хребет, как это обычно бывает в горах, а плоскую равнину. Да, плоскую равнину шириной от 2 до 6 км! Ее вы видите на фотографии.



Представьте себе, что вы поднимаетесь из лагеря, расположенного в долине, по крутым склонам и вершинам иногда несколько часов. И вдруг перед вами открывается равнина, по которой можно свободно проехать на автомобиле. А горы остались где-то внизу, в синей дымке... Картина необыкновенная. Но геолога уже мучает вопрос: откуда здесь в горах такая равнина? Как она образовалась? Когда?

И вот мы специально занялись изучением этих выровненных поверхностей. Было установлено, что в бассейне р. Бытантая (приток Яны) и Юндюлюна (бассейн Лены) на протяжении около 50 км с юга на север тянется целая полоса таких выровненных гольцевых поверхностей, резко контрастирующих с окружающими островерхими грядами и вершинами. Особенно хорошо выражена монолитная волнистая поверхность на абсолютных высотах 1300—1400 м; даже наивысшая точка Лено-Янского водораздела в этом районе (1918 м) представляет собой ровный, как стол, останец, площадью около 200 м².

Интересной оказалась находка в бассейне р. Бытантай на абсолютной высоте 1400 м речных галечников мощностью 0,6 м. В других местах на выровненных поверхностях встречены лишь отдельные разрозненные хорошо окатанные гальки. И галечники, и отдельные гальки свидетельствуют о том, что здесь раньше протекали реки. Сохранность обширных поверхностей выравнивания в осевой зоне Западного Верхоянья указывает на молодость гор. По-видимому, образование их произошло в четвертичное время. До этого времени Верхоянье представляло собой невысокую (200—300 м) равнину, которая затем быстро поднималась до высоты 1400—2000 м и расчленялась реками.

*Б. И. Прокопчук
Кандидат географических наук
Москва*

ПТИЦЫ БОЛЬШИХ ГОРОДОВ

Человеку всегда сопутствует какая-то определенная фауна; часто этими спутниками бывают птицы. В больших городах сформировалась специфичная фауна птиц. Основные ее особенности — это небольшое число видов и обилие особей. Понятно, что лишь немногие виды птиц могут приспособиться к тем своеобразным условиям жизни, которые предлагает им современный город с его напряженным уличным движением, шумом, ярким ночным освещением и т. п. Однако пернатые, которые в силу своей экологической и психологической приспособленности смогли «оккупировать» города, нашли там благоприятную среду для быстрого и массового размножения. Численность птиц-синантропов в крупных городах достигла десятков и сотен тысяч особей! Их стало слишком много, и таким образом возникла проблема: как сократить число птиц, играющих отрицательную роль, и как увеличить численность полезных певчих птиц, как их привлечь в столь непривычные для них условия? Практически во всех крупнейших городах Европы фоновыми видами стали сизые голуби и домовые воробьи. Эти два вида составляют здесь до 80—90% всей популяции птиц. Так, в течение последнего десятилетия численность сизых голубей составляла в Вене — 200 тыс., в Мюнхене — от 10 до 100 тыс.; в Турине — 60 тыс., в Гамбурге — 12—20 тыс., в Москве — 10—40 тыс. Любопытна в этом отношении картина изменения численности голубей в Москве за последний век. В XIX и начале XX вв.



Массовые почевки скворцов в южных городах наносят ущерб городскому хозяйству. Скопление скворцов в центральном сквере Баку

Фото автора

сизый голубь был массовой птицей. Но затем в связи с исчезновением конного транспорта кормовая база голубей была подорвана и их стало значительно меньше. К началу пятидесятых годов осталось лишь несколько небольших стаяк. И тогда в городе была организована сеть подкормочных пунктов с целью оживить облик центральных улиц стаями голубей. Птицы не заставили себя долго ждать. За один только 1958 год число их выросло втрое и достигло 35 тыс.

Вскоре возникла необходимость ограничения и сокращения численности сизых голубей в Москве. Этот вопрос обсуждался на секции охраны птиц Всероссийского общества охраны природы, и в последние годы в Москве стали проводиться плановые меры по сокращению популяции этих птиц.

Что же заставляет сокращать обилие птиц в городе и какой вред они могут приносить? Подчеркиваем еще раз, что речь идет

здесь о вреде лишь нескольких видов-синантропов — домового воробья, сизого голубя и отчасти — скворца. Птицы, гнездящиеся в городских парках, аллеях, живых изгородях, не контактирующие столь тесно с человеком, чаще всего полезны и подлежат всяческому привлечению. Прежде всего обнаруживается, что сизые голуби и скворцы в местах колониального гнездования и массовых ночевок сильно загрязняют город. Карнизы, орнаменты, памятники обезображиваются птичьим пометом. Содержащиеся в помете кислоты разъедают каменную кладку и вызывают преждевременное разрушение зданий. Часто сидящие на карнизах птицы портят пометом одежду прохожих. В центральной части Лондона на крышах зданий

лежит слой помета толщиной в несколько футов.

Еще гораздо опасней роль птиц-синантропов (в основном — голубей) в передаче некоторых заболеваний и распространении паразитов. Лишь в последние десятилетия выяснены многие стороны этой проблемы. Прежде всего, человек подвержен ряду общих с птицами инфекций, среди которых на первом месте стоит группа вирусных заболеваний — орнитозов (пситтакозов). Еще сравнительно недавно орнитозы у человека при обследовании не выявлялись и относили их к другим сходным легочным или кишечным заболеваниям. Теперь же накоплен довольно большой материал по орнитозам. Смертность от орнитоза ничтожна (ввиду



Синантропные птицы — спутники человека приспособились к уличному шуму, городским постройкам. Они собирают корм посреди улицы, под ногами прохожих

Фото автора

Поющий скворец у своего гнезда — подлинное украшение сельского ландшафта, но в условиях города он не всегда полезен

Фото Б. Беликова



относительно низкой заболеваемости), но процент умерших от числа заболевших — составляет 2—3%, а в периоды вспышек может достигать 20—35%. Вирус орнитоза весьма распространен среди птиц-синантропов. Так, в ФРГ он выделен у 38% городских сизых голубей, в Австралии этот вирус обнаружен у домовых воробьев и сизых голубей. Кроме орнитозов, голуби могут передавать человеку энцефаломиелиты, аспергиллез, кокцидиоз, сальмонеллез, токсоплазмоз и некоторые другие заболевания¹.

Голуби и воробьи прокармливают на себе различные виды клещей, блох, клопов, некоторые из которых могут переходить на человека или домашних животных и служить переносчиками болезней. Так, голуби заносят в жилые помещения клещей, постельных клопов, блох. Эти же виды членистоногих были обнаружены и на домовых воробьях, а кроме того, на лапках и клювах воробьев и голубей находили яйца глист, паразитирующих у кур. Осенью, с наступлением холодов, клопы, обитающие в гнездах воробьев и ласточек, совершают «великое переселение» с карнизов и чердаков в близлежащие квартиры.

¹ См. H. G. Scott. Pigeons. Public health importance and control. «Pest Control», 1961, N 9.

Все эти причины вынуждают принимать меры, ограничивающие численность птиц-синантропов. Из пассивных мер можно назвать строительство зданий с закрытыми чердаками или вовсе без чердаков. Это дает хороший эффект в районах новой застройки. На карнизах домов укрепляют решетки, зубчатые желоба, не позволяющие птицам присаживаться. Там, где решетки не помогают, применяются более сложные, иногда довольно хитроумные приемы. Например, на карниз выдавливается толстый шнур желатинообразной массы. Садясь на этот упругий и мягкий шнур, птица пугается и улетает. Или же вдоль карниза протягивают нейлоновую нить, на которую нанизаны ролики. При попытке сесть на них, ролики начинают вращаться, и птица «скатывается».

Любителям электротехники английская промышленность предлагает установку из оголенных проводов на карнизе; провода соединены с разрядным емкостным элементом, питающимся от электросети¹. Севшая на провод птица получает легкий удар электрическим током и, естественно, в испуге улетает.

¹ См. S. P. Eggleton. Combating bird nuisance. «Cleaning and Maintenance», 1964, N 1.



Соловей, распеваящий в сквере перед Большим театром, привлекает не меньше слушателей, чем знаменитый тенор

Фото Ю. Гордеева

Среди различного рода репеллентов (отпугивающих средств) не оправдали себя чучела, громкие звуки, прожекторы и т. п., так как ко всему этому у птиц быстро вырабатывается иммунитет. Зато весьма эффективным средством оказалась магнитофонная запись, воспроизводящая крики испуганных птиц. К этому репелленту у них не возникает привычки. И все-таки любой репеллент имеет ограниченный, местный эффект, поскольку птицы перемещаются в другие районы города, и общая сумма приносимого вреда остается прежней. Поэтому многие высказываются за более радикальные меры — прямое уничтожение птиц путем отстрела, отравления ядовитыми приманками и отлова.

Прежде всего отметим, что к уничтожению птиц нельзя ни в коем случае привлекать широкие слои населения и тем более — детей. Все эти меры должны проводиться строго ограниченным числом специальных лиц, по возможности вне поля зрения широ-

кой публики. (К сожалению, это не всегда выполняется). Отстрел возможен лишь в сельской местности, к тому же такой способ очень дорог. Широко применяются — и в городах, и в сельской местности — приманки из зерна, отравленного стрихнином, или приманки с наркотиком (трибромэтан и др.), а также сети и западни всевозможных конструкций. Подобными способами в ГДР за одну лишь зиму было уничтожено 550 тыс. воробьев. Немецкие ученые весьма скрупулезно подсчитали стоимость различных способов уничтожения. Оказалось, что отлов гораздо дешевле, а применение отравленных приманок «влетает в копеечку».

Но и сторонников радикальных мер часто ждет полное разочарование. Дело в том, что птицы в городах имеют особенно высокие темпы размножения. У домовых воробьев — две, даже иногда — три кладки в году, а у голубей — 3—4, до 5 кладок. Подсчитано, что и при уничтожении 70% популяции домовых воробьев (что довольно трудно осуществить) их прежняя численность уже через три года полностью восстановится¹.

¹ См. K. Bösenberg. Ursachen gelegentlicher Mißfolge bei Sperlingsvergiftung. «Nachrichtenbl. deutsch. Pflanzenschutzdienst», 1957, N 8.



Привлечение певчих насекомоядных птиц в большие города — полезное и нужное дело. В парках и кустарниковых насаждениях могут гнездиться славки, пеночки, сверчки. Речной сверчок на гусице

Фото автора

А что уж говорить об отдельных кампаниях, когда, например, в Вене за месяц было уничтожено 6 тыс. голубей (3% городской популяции). Подобные разовые мероприятия не дают желаемого результата, нужны периодически повторяющиеся и массовые отловы.

В целом среди перечисленных способов есть ряд достаточно эффективных, которые при настойчивом, широком и регулярном применении могут избавить крупные города от обилия воробьев и голубей.

Однако нельзя заниматься лишь уничтожением фауны птиц, т. к. это может привести к тому, что в городе не останется ни одной птицы. Стремление к такому пределу совершенно неоправданно по двум основным причинам. Во-первых, зеленые насаждения городов нуждаются в защите со стороны насекомоядных птиц, поскольку химическая борьба с вредителями подчас неэффективна и вызывает отрицательные побочные явления. В настоящее время санитарами городских насаждений оказываются одни лишь домовые воробьи (в этом — их несомненная польза). Однако их способности в уничтожении вредителей не могут сравниться с мастерством синиц, мухоловок, горихвосток. Во-вторых, певчие птицы оживляют и украшают облик города и имеют тем самым вполне определенную эстетическую ценность. Так, пение соловья в сквере перед Большим театром, среди многоэтажных домов и шумных улиц, производит на многих людей не меньше впечатления, чем выступление знаменитого тенора в самом театре.

Мелкие певчие птицы, гнездящиеся в парках, на деревьях и в кустарниковых насаждениях, не являются синантропами в узком смысле слова. Они не вступают в тесный контакт с человеком, а потому и не играют такой отрицательной роли, как воробьи и голуби. К таким птицам относятся черные дрозды, соловьи, горихвостки, мухоловки-пеструшки, серые мухоловки, коноплянки, зеленушки, славки, пеночки и др. В тех городах, где сохранены элементы природной среды — парки, водоемы, кустарниковые насаждения, там гнездятся и эти птицы. Например, в крупных городах Чехословакии и Польши орнитофауна богата числом видов. В Кракове, Лодзи, Вроцлаве многие полезные птицы не только не исчезают, но и увеличиваются в числе. В Лодзи много соловьев, черных дроздов и даже серых куропаток, которые проникают все чаще в



Птенец славки-черноголовки, полезной насекомоядной птицы

Фото автора

черту города¹. Такой благоприятный характер орнитофауны городов может складываться только при активных мерах по благоустройству и охране зеленых насаждений, по охране и активному привлечению полезных птиц. Расширение и озеленение улиц, разбивка парков и скверов, создание озелененных водоемов, соответствующая планировка новых районов города, разъяснительная работа среди населения — все это помогает создать и разнообразную фауну птиц, гнездящихся в кустарниках и на деревьях (зяблик, коноплянка, зеленушка и др.) или на земле в густых зарослях (черный дрозд, соловей). Работы по озеленению и благоустройству, проводимые в Москве, дали в этом отношении хорошие результаты, особенно в районах нового жилищного строительства. Таким образом, можно надеяться, что сочетание позитивных и негативных мер сможет привести к формированию в крупных городах нужного человеку облика орнитофауны.

Н. Н. Дроздов

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

УДК 598.1/.

¹ См. R. Graczyk. Ptaki srodmiestia miasta Lodzi. «Ochrona przyrody», 1962, N 28.



СОХРАНИМ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ КЕДРОВНИКИ

Кедрово-широколиственные леса, или кедровники, — самые интересные и ценные леса Дальнего Востока. В них удивительным образом сочетаются растения разнообразных геологических эпох и ландшафтных зон. Здесь рядом растут представители холодного севера и знойного юга, реликтовые и относительно современные виды. Древостой, как правило, сложен из нескольких ярусов и большого числа видов деревянистых растений. Лианы, стебли которых извиваются точно гигантские змеи, провисают между деревьями, а растения-эпифиты, живущие на стволах, придают этим насаждениям облик лесов влажных субтропиков.

Кедровники имеют большую народно-хозяйственную ценность. Прочная приятного розового цвета древесина корейского кедра легко обрабатывается, полируется и широко используется в строительстве, мебельном и фанерном производстве, и служит прекрасным материалом для изготовления карандашей. Высоко ценится древесина и некоторых спутников кедра: тисса, ореха, бархата, ясеня, диморфанта и других. Из коры амурского бархата готовят пробку, экспанзит и линолеум. Из смол хвойных пород — скипидар, канифоль, различные эфирные масла, широко применяемые в парфюмерии, бальзамы для склеивания оптических стекол и т. п. В корневой коре бересклетов содержится гуттаперча.

Ценятся кедрово-широколиственные леса и своими побочными продуктами. В них растут различные виды актинидий (вьющиеся растения с вкусными плодами, в которых содержится большое количество витамина С), дикий амурский виноград, малина, смородина, уссурийская груша и др. Широко известны вкусные и питательные, с большим содержанием масла, орехи кедра, лещины и плоды маньчжурского ореха. Но особенно славятся кедровники лекарственными ра-

стениями. Здесь и легендарный «корень жизни» женьшень, и его ближайшие родичи, по своим свойствам часто не уступающие ему: элеутерококк, заманиха и маньчжурская аралия, а также лимонник, секуринега и многие другие растения. В кедровниках много редких и ценных животных. Кое-где в диком виде еще встречается красавец олень-цветок — так назвал М. М. Пришвин пятнистого оленя, неокостеневшие рога ко-



Актинидия острая в кедрово-широколиственном лесу



Смена кедр елью и пихтой

торого (панты) широко используются в медицине. Живут в лесах и другие виды оленей (изюбр, кабарга, косуля), уссурийский тигр, соболь, леопард и пр.

Располагаясь на склонах гор и в долинах горных рек, эти леса имеют большое почвозащитное и водоохранное значение. Из них текут реки с прозрачной как стекло и холодной водой, в которых водятся красавица форель, хариус, ленок и таймень, а на нерест сюда заходят и крупные лососевые рыбы — кета, горбуша, сима.

Кедр корейский — крупное дерево, достигающее 40—42 м высоты, 2 м в диаметре и живущее более 500 лет. Но этот могикан дальневосточных лесов — реликтовое растение. Он не так хорошо приспособлен к жизни, как виды, появившиеся позднее. Особенно плохо приспособлен кедр к расселению и захвату новых территорий. Семена его опадают вместе с шишками под кроны деревьев. Там они становятся добычей различных зве-

рей, птиц и человека. И только небольшая часть их, утеренная или запрятанная белкой и кедровкой, дает начало новым растениям. На прилегающие территории кедровые семена заносятся в ограниченных количествах. К тому же кедр обильно семеносит редко, а урожай семян (по количеству) бывает невелики.

Другие хвойные породы семеносят обычно чаще и обильнее и, как правило, имеют мелкие и летучие семена (чаще с крылышками), которые разносятся ветром на значительные расстояния. Большинство лиственных пород имеют еще более мелкие и летучие семена, обильно и ежегодно плодоносят и хорошо восстанавливаются вегетативным путем — порослью от пней или отпрысками от корней. При восстановлении леса на месте вырубок или гарей, или при захвате новых территорий эти породы имеют значительно больше шансов выйти победителями в борьбе за существование.



Шишки корейского кедра

По северным и верхним границам области своего распространения (а иногда и в долинах рек) кедр постепенно вытесняется елями (саянской и корейской) и пихтой белокорой. Эти породы более теневыносливы и поэтому хорошо растут под пологом кедра, кедр же под их пологом, как правило, погибает. На юге кедр таким же образом вытесняется пихтой цельнолистной. Под влиянием рубок и лесных пожаров кедровники сменяются дубняками, березняками, осинниками, кленовниками, липняками и другими насаждениями, которые по ценности значительно уступают кедрово-широколиственным.

В настоящее время в кедровниках наиболее распространены сплошные рубки, при которых вырубается все деревья, и условно-сплошные рубки, когда вырубается только хвойные деревья. После таких рубок естественным путем кедр восстанавливается обычно плохо. Искусственное восстановление его сопряжено со значительными затра-

тами и опыты пока еще не дали обнадеживающих результатов. С вырубкой древостоев, кроме того, прекращается извлечение всей пользы от леса, нарушается его водоохранная и защитная роль.

При применении выборочных рубок (когда из насаждения периодически удаляются только спелые стволы) в разновозрастных и смешанных лесах лучше используется энергия роста молодых деревьев, не прекращается пользование всеми продуктами леса, в значительной степени сохраняются его водоохранные и защитные свойства, и кедр хорошо восстанавливается естественным путем. Ухаживая за молодыми растениями во время рубки леса можно всегда предотвратить нежелательную смену кедра другими породами.

Выборочные рубки имеют и еще одно важное преимущество: огромные массивы кедрово-широколиственных лесов еще не вовлечены в эксплуатацию, и прирост древесины в них не используется. Молодые деревья растут, а старые — отмирают и разлагаются. Народное хозяйство ежегодно при этом теряет около 5—6 млн. м³ ценной древесины. Так как с единицы площади ежегодно берется немного древесины, выборочные рубки придется вести на большой площади, не давая отмирать спелым деревьям.

Повсеместному внедрению выборочных рубок препятствуют несовершенные механизмы. Современные трелевочные тракторы и лебедки не пригодны для работы в лесу: они повреждают стволы деревьев, передавливают корни, что приводит к заражению их грибными болезнями и вредителями, — ценная деловая древесина превращается в дрова. Лесоводам нужны совершенно иные машины, которые бы вывозили древесину, не повреждая остающихся деревьев и их молодой смены — подроста. Возможно, это будут колесные тракторы на шинах низкого давления, а может быть вертолеты, дирижабли или канатные дороги, подвешенные на аэростатах. При применении воздушного транспорта не нужны будут и лесовозные дороги, на строительство которых затрачиваются большие средства. Лесоводы должны вести борьбу за сохранение кедровников.

Е. Д. Солодухин

Приморский сельскохозяйственный институт
(Уссурийск)

УДК 502.7

ТРАГЕДИЯ ОЗЕРА ЧИСТОГО

Озеро Чистое — одно из живописнейших мест Тамбовского края. Расположено оно в относительной близости от города — в 15 км от него, в густом зеленом массиве. На этом озере проводят свою полевую практику студенты, сюда охотно приезжают на экскурсию школы и различные учреждения.

В 1951 г. было решено заселить озеро ондатрой. Идея сама по себе хорошая и, казалось бы, полезная. Но вот что показали постоянные наблюдения, которые ведутся нами из года в год на озере. После заселения водоема ондатрой растительный и животный мир озера Чистого становился все беднее. За 14 лет своего пребывания в этом месте ондатра выела всю зеленую растительность.

В 1962 г. в озере посеяли в качестве эксперимента водяной рис. Но и он был полностью уничтожен ондатрой. После сокращения растительности заметно уменьшилось и количество ракообразных (дафния, циклоп, диаптомус), а это повлекло за собой снижение численности других видов беспозвоночных и позвоночных, которыми ранее изобиловало озеро. Так, заметно сократилась в числе килевая катушка, жук, радужница толстоногая, оба вида карасей (серебряный и золотой), мало стало карпа; тритоны — обыкновенный и гребенчатый, лягушки — травяная, прудовая, остромордая — тоже понемногу стали исчезать. Новосел — ондатра — заметно нарушил веками сложив-

шиеся биологические связи животных озера.

Снижение численности амфибий повлекло за собой исчезновение ужей. Лишенная растительности поверхность озера Чистого перестала привлекать на гнедование крачек (обыкновенную и черную), чирков, крякв.

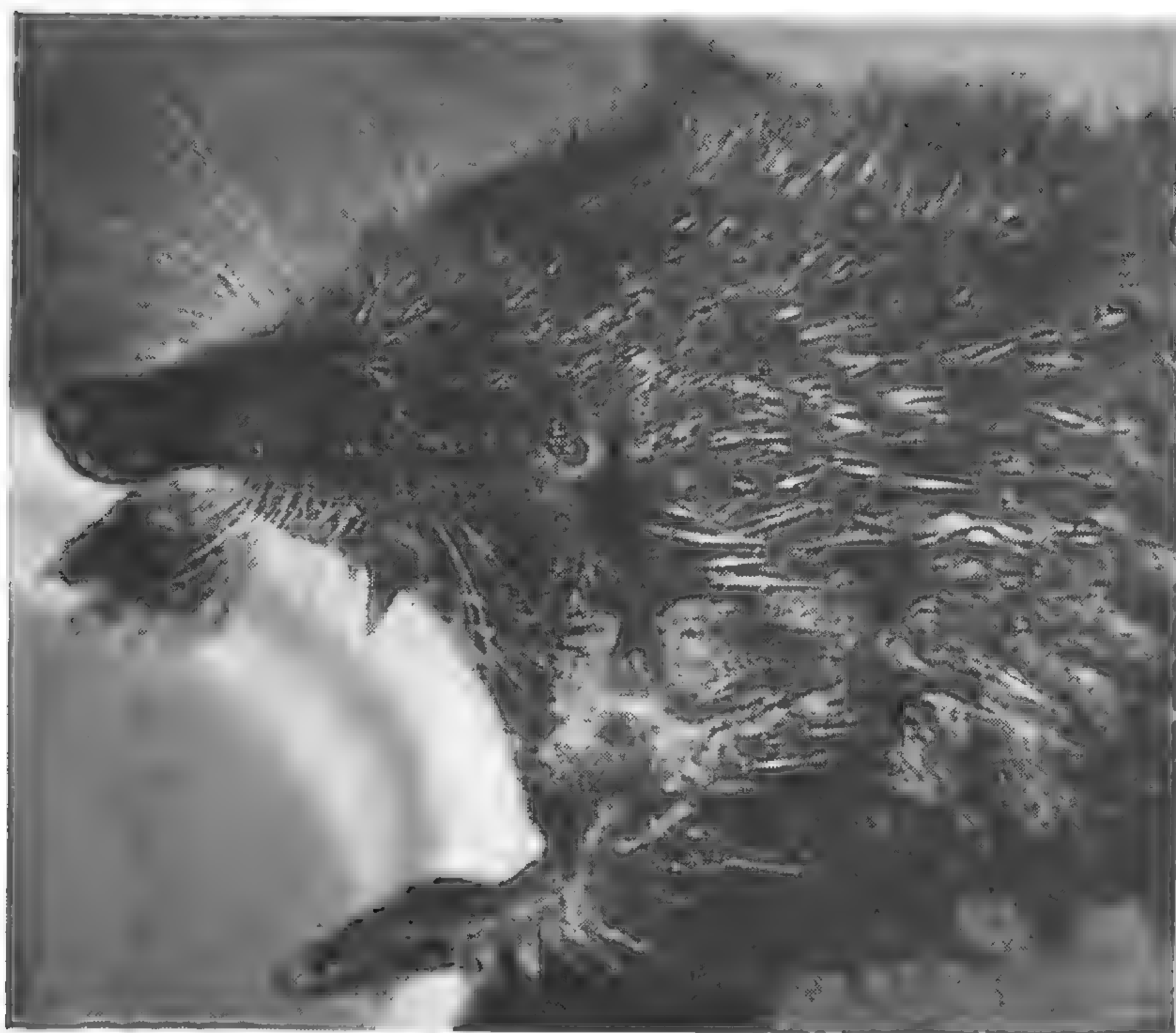


Озеро Чистое

Фото Н. Кукова



Русская выхухоль — исконный обитатель озера Чистого
Фото Н. Нуксова



Выхухоль можно легко приручить

Фото Н. Нуксова

Однако самой трагичной страницей в истории озера Чистого стала судьба выхухоли — исконного жителя этих мест. Как известно, выхухоль — редчайший пушной зверек с очень ценным мехом. Конкурентная борьба между ондатрой и выхухолью разгорелась не из-за корма, а в основном за выгодные места обитания и убежища — норы. Ондатра, как зверек более сильный, более плодовитый и к тому же достаточно агрессивный, все больше вытесняла выхухоль из ее нор и заселяла их сама. Холостые самцы ондатр часто разрушали «хороводы» выхухолей во время гона весной, кусали самцов выхухолей, которые, почти не сопротивляясь ныряли или расплывались в разные стороны, спасаясь от сильного противника. Одна за другой выхухоли по покой воде стали покидать озеро, и сейчас их на Чистом уже не встретишь.

Ондатра превратила озеро в настоящую водяную пустыню и теперь из-за недостатка пищи уже сама переселяется на близлежащие озера — Круглое и Карасево. Нет сомнения, что и эти озера ожидает та же участь.

Возникает вопрос: стоило ли в нашу область — одно из немногих мест Советского Союза, где выхухоль достигла промысловой плотности, — вселять ее конкурента, северо-американскую ондатру? Возможно, в другом районе, где выхухоли нет, вселенная ондатра, быстро размножившись, стала бы ценным промысловым видом. Но, вытесняя нашего эндемика — выхухоль — в места, неблагоприятные для его жизни и размножения, ондатра приносит непоправимый ущерб: выхухоль может вовсе исчезнуть из водоемов Тамбовщины, как произошло это на оз. Чистом. Все это еще раз напоминает о том, как осторожно надо заниматься акклиматизацией животных, тщательно продумывая и предугадывая все возможные последствия такого вмешательства в дела природы.

В. Г. Скопцов

Тамбов

УДК 639.113.9

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ КВАРКИ?

Стремление свести все многообразие мира к стройной системе, в которой каждый объект может быть построен из более простых универсальных составляющих, с давних пор было присуще физике. От четырех стихий древних греков до модели атома Бора и Резерфорда можно легко проследить эту тенденцию. Не всегда гипотезы оправдывались, зачастую найденное единство вновь оказывалось многообразием, но попытки в этом направлении всегда существовали в науке. Естественно, что столь привлекательной оказалась выдвинутая недавно теория кварков, о которой рассказывается в публикуемом обзоре.

А ЕСЛИ МЫ ИХ НЕ НАЙДЕМ?

13 мая 1965 г. на научной сессии Отделения общей и прикладной физики АН СССР акад. Я. Б. Зельдович прочел большой доклад о классификации элементарных частиц, кварках и методах их обнаружения. Большинство присутствующих уже имело некоторое представление о предмете доклада (хотя бы из речи акад. И. Е. Тамма на Общем собрании Академии наук СССР¹), тем не менее многие положения широко охватившего вопрос сообщения Я. Б. Зельдовича, Л. Б. Окуня и С. Б. Пикельнера показались слушателям, заполнившим конференц-зал ФИАН, фантастическими и неправдоподобными. Чтобы понять, почему кварки до сих пор экспериментально не обнаружены, им приходится приписать огромную, неслыханную и трудновообразимую для элементарных частиц массу — в десять раз большую, чем масса протона!

Несколько физиков-экспериментаторов выступили в прениях и рассказали о том, какими тонкими и чувствительными методами они собираются обнаружить кварки. Но многие слушатели, маститые ученые, откровенно посмеивались и пожимали плечами.

Когда все уже высказались, поднялся один из крупнейших наших экспериментаторов, лауреат нескольких советских и международных премий, и не скрывая иронии спросил: «Ну, а если все эти и многие другие эксперименты все же не обнаружат кварков, что тогда скажут теоретики?»

¹ См. «Природа», 1965, № 6, стр. 6—16.

«Что ж, — ответил Я. Б. Зельдович, — тогда можно будет приписать кваркам не десять, а, скажем, пятнадцать протонных масс, и вам придется начать поиски сначала». Почему же кварки стали так необходимы?

РЕЗОНАНСЫ

За последние годы, и особенно за последние пять лет, начиная примерно с конца 1960 г., было открыто около ста сильно взаимодействующих частиц, которым присвоили название резонансов. Впервые такие частицы обнаружил Э. Ферми в 1952 г. при изучении рассеяния π -мезонов (пионов) на протонах. Он получил резкий максимум («резонанс») в сечении рассеяния при энергии π -мезона около 200 Мэв^1 . Этот резонанс можно было понять не как прямое рассеяние, а как слияние пиона с протоном в новую частицу (названную Δ), которая затем распадается, испуская пион в другом направлении.

По своим главным свойствам резонансы похожи на ранее известные сильно взаимодействующие частицы, но их времена жизни значительно меньше, порядка 10^{-22} — 10^{-23} сек., тогда как у большинства ранее

¹ В настоящее время широко принято выражать массы элементарных частиц не в единицах электронной массы, а в энергетических единицах — электронвольтах, на основе формулы $E = mc^2$. Так, масса электрона равна $0,51 \text{ Мэв}$; масса протона, равная 1837 электронных масс — 938 Мэв , масса π -мезона — 138 Мэв (Мэв — миллион электрон-вольт).

известных частиц время жизни $10^{-8} - 10^{-10}$ сек., у нейтрона около 10 мин., а протон вообще стабилен, т. е. жизнь резонанса примерно в $10^{13} - 10^{15}$ раз короче, чем жизнь π^- -мезонов. Для того чтобы вообразить это соотношение, вспомним, что жизнь мухи-однодневки (примем ее за 10^{-3} лет) короче времени существования Галактики (около десяти миллиардов лет) тоже в 10^{13} раз!

Естественно, что открытие таких частиц стало возможно лишь в последние годы, когда в распоряжении экспериментаторов оказались достаточно мощные ускорители элементарных частиц, а техника обнаружения продуктов их столкновения стала достаточно тонкой. Ведь за время своей жизни резонансы, даже двигаясь со скоростью света, успеют пройти всего лишь 10^{-12} см, т. е. не намного выйдут за пределы атомного ядра и уж совсем не выходят за пределы атома.

Несмотря на то, что резонансы существуют так недолго, они ничуть не «хуже» ранее открытых сильно взаимодействующих частиц и с таким же правом могут называться элементарными. Дело в том, что частицы, живущие около 10^{-10} сек., вынуждены распадаться по слабому взаимодействию, так как чтобы распасться по сильному взаимодействию у них не хватает массы.

Рассмотрим, например, известный уже более 10 лет Σ^+ -гиперон (масса — 1193 Мэв; странность равна —1), который распадается на протон P (938 Мэв; 0) и π^+ -мезон (135 Мэв; 0): $\Sigma^+ \rightarrow P + \pi^+$. Такой распад происходит медленно и странность при этом не сохраняется¹. Она сохранилась бы при реакции распада: $\Sigma^+ \rightarrow \Lambda^0 + \pi^+$, — так как странность Λ тоже —1. Но масса этой частицы 1115 Мэв, следовательно у Σ^+ для такого распада не хватает по крайней мере 60 Мэв. Можно предположить, что если бы Σ^+ был тяжелее всего на 5%, что для его свойств не существенно, он распадался бы по сильному взаимодействию, время его жизни было бы всего 10^{-23} сек., а не 10^{-10} , как это имеет место в действительности, и мы бы относили его к разряду резонансов.

Итак, время жизни частицы, которое играет такую большую роль при ее экспериментальном обнаружении, в некотором смысле можно считать случайной характеристикой, которая не создает четкой грани между резонансами и другими частицами. Если бы

какие-либо из известных ранее тяжелых частиц были чуть тяжелее, они распадались бы «сильно», если бы известные резонансы были несколько легче, они распадались бы «слабо».

Позже многих резонансов был открыт знаменитый омега минус-гиперон Ω^- (чем он знаменит, будет сказано несколько позднее) со странностью —3 и массой 1675 Мэв. Для сохранения странности он должен был бы распадаться не меньше, чем на две других странных частицы, но для этого у него не хватит массы. Поэтому он «вынужден» распадаться по слабому взаимодействию со временем жизни $0,7 \cdot 10^{-10}$ сек.

Сейчас мы знаем около сотни частиц, которые причисляем к элементарным, ежегодно к ним добавляется 5—10, а по мере улучшения экспериментальной техники прирост, вероятно, будет еще больше. Многие физики оценивают возможное число существующих в природе частиц в несколько тысяч. Очевидно, их уже трудно считать элементарными.

Но если они не элементарны, то из чего же они состоят?

ВНУТРЕННЯЯ СИММЕТРИЯ. МУЛЬТИПЛЕТЫ И СВЕРХМУЛЬТИПЛЕТЫ

Впервые вопрос о том, что π -мезоны могут быть не элементарными, а состоять из нуклонов и антинуклонов, был поставлен Ферми и Янгом (США) в 1949 г. Затем было несколько других предложений. Они становились все более разнообразными по мере того, как увеличивалось число частиц.

Были предложены модель Маркова модель Сакаты и еще десятка полтора других. В каждой из них предполагалось, что существуют какие-то фундаментальные частицы, из которых построены все остальные, наподобие того, как ядра построены из нуклонов.

Но теории сильного взаимодействия, которая математически описывала бы, как могут объединяться и превращаться частицы, до сих пор в физике нет. Казалось бы, что это исключает возможность получения из любой составной модели каких бы то ни было количественных выводов и предсказаний, которые можно было бы проверить экспериментально. Тем не менее такая возможность появляется благодаря тому, что эти модели обладают определенными свойствами симметрии.

Известные нам симметрии можно разбить

¹ См. «Природа», 1962, № 12, стр. 10—12.

на два класса. Во-первых, это пространственно-временные симметрии, из которых вытекают основные законы сохранения (энергии, импульса и момента количества движения), во-вторых, — симметрии внутренние, не связанные с пространственно-временными свойствами. Для сильного взаимодействия такая внутренняя симметрия связана с независимостью ядерных сил от заряда частицы. Например, протон и нейтрон имеют почти одинаковую массу, но разный заряд. На больших расстояниях, где основную роль играют электромагнитные силы, эта разница весьма существенна. Но на очень малых расстояниях (например, внутри ядра), когда сильные взаимодействия становятся в десятки тысяч раз больше электромагнитных, протон и нейтрон можно рассматривать как два слегка отличных состояния одной частицы — нуклона. Такие группы одинаково взаимодействующих частиц называют изотопическими мультиплетами.

По мере открытия новых частиц выяснилось, что сами изотопические мультиплеты можно объединить в еще большие семейства, сверх- или супермультиплеты, с одинаковыми барионными зарядами¹, спином и четностью (рис. 1).

Здесь мы встретились с курьезной трудностью — не хватает букв для обозначения всех открытых частиц. Сейчас одинаковыми буквами, но с одной, двумя и даже иногда с тремя звездочками обозначают частицы с одинаковыми барионным зарядом и странностью, но с разными значениями спина. Правило это возникло не сразу, поэтому оно не везде последовательно проводится, например, мы пользуемся специальным обозначением для ρ -мезонов, хотя могли бы их обозначить как π -мезоны со звездочкой.

¹ Нуклоны и все более тяжелые частицы называют барионами и приписывают им барионный заряд $\frac{1}{3}$ (соответственно, антибарионам — $-\frac{1}{3}$). У всех остальных частиц барионный заряд равен нулю.

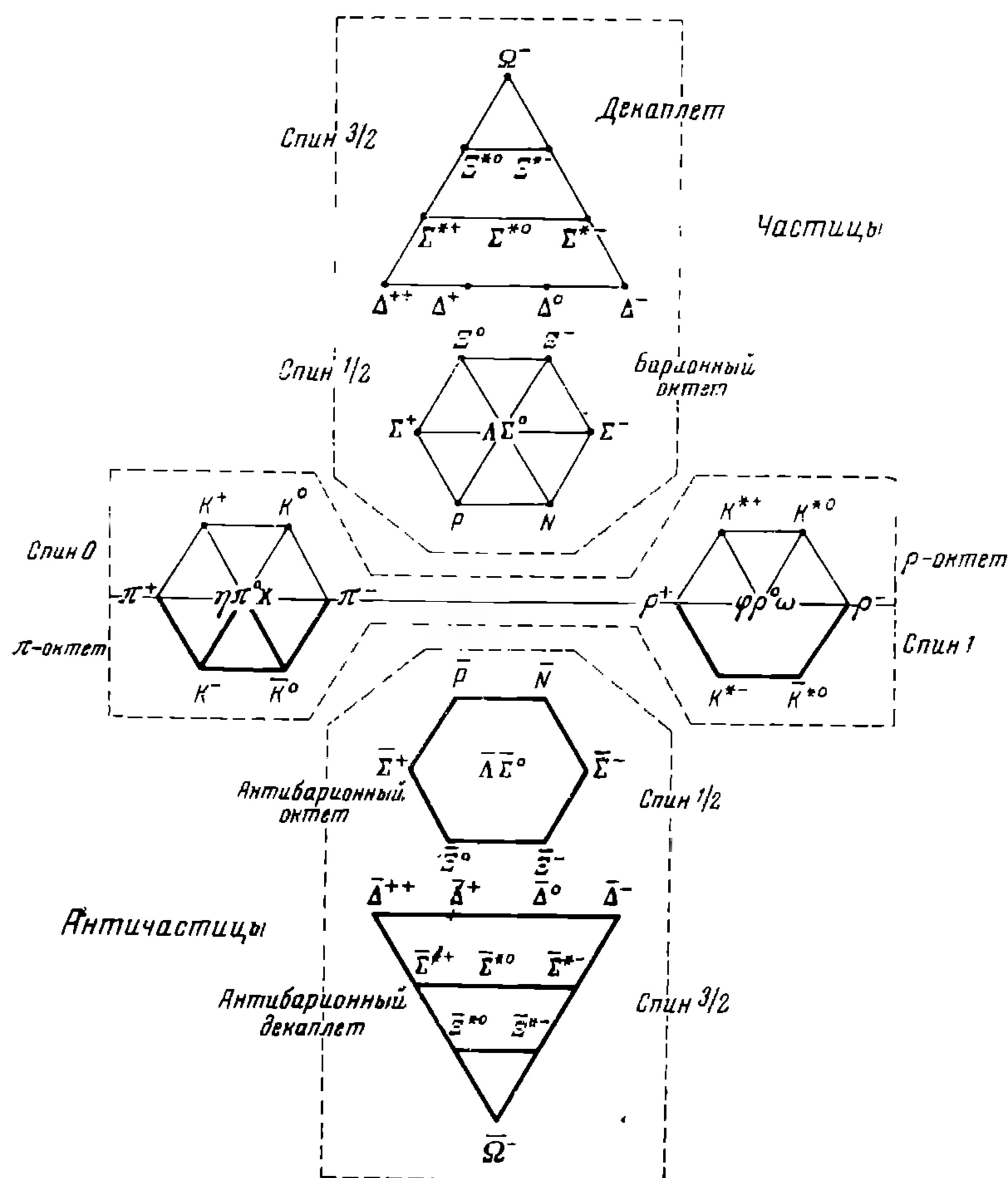


Рис. 1. Классификация адронов. Барионы объединены пунктирными линиями в супермультиплет из 56 состояний $[8(2 \times \frac{1}{2} + 1) + 10(2 \times \frac{3}{2} + 1) = 56]$, а мезоны в супермультиплет из 36 состояний $[9(2 \times 0 + 1) + 9(2 \times 1 + 1) = 36]$. Числа в круглых скобках определяются из того, что у частицы со спином S будет $2S + 1$ состояний

Существование супермультиплетов указывает на симметрию, в каком-то смысле более общую, чем изотопическая инвариантность. Частицы, входящие в обычные изотопические мультиплеты, мало отличаются по массе одна от другой: например, масса π^0 равна 135 Мэв, а π^+ и π^- по 139. Частицы же, объединенные в один супермультиплет, могут быть тяжелее одна другой на 400 Мэв, что уже того же порядка, как и сами массы частиц. В этом проявляется очень важное различие между изотопической инвариантностью и той высшей симметрией, которая группирует частицы в супермультиплеты и называется SU(3)-симметрией. Математическая теория SU(3)-симметрии была разработана задолго до открытия резонансов.

Мы здесь не будем на ней подробно останавливаться, хотя исторически она сыграла существенную роль в создании классификации элементарных частиц.

ПРЕДЫСТОРИЯ КВАРКОВ

Как можно было бы представить себе образование супермультиплетов, если считать, что входящие в них частицы построены из других, более фундаментальных частиц?

Прежде чем ответить на этот вопрос, мы должны оговорить одно важное обстоятельство, о котором мы не упоминали до сих пор. Все попытки классификации элементарных частиц распространяются только на барионы и те мезоны, которые мы перечислили в предыдущем разделе. Все эти сильно взаимодействующие частицы по предложению доктора физико-математических наук Л. Б. Окуня называют адронами, в отличие от более легких частиц — лептонов¹, в число которых входят фотон, нейтрино, электрон (позитрон) и μ -мезоны. Построение единой классификации лептонов и адронов наталкивается пока на непреодолимые трудности.

Мы уже упоминали о попытке Ферми и Янга. В то время из адронов были известны дублет нуклонов и π -мезоны. π^- -мезон (электрический заряд -1 , барионный -0) можно было представить как связанное состояние протона (электрический заряд $+1$, барионный заряд $+1$) и антинейтрона ($0, -1$),

¹ Греческое *αδρὸν* — массивный, мощный, в отличие от *λεπτόν* — тонкий, нежный.

π^- ($-1, 0$), как связанное состояние антипротона ($-1, -1$) и нейтрона ($0, -1$) и, наконец, π^0 ($0, 0$) как связанное состояние протона и антипротона или нейтрона и антинейтрона. Это и есть схема Ферми — Янга, которую можно развить дальше. Из двух нуклонов со спином половина оказалось возможным сконструировать три частицы, т. е. триплет со спином и барионным зарядом 0 и с электрическим зарядом $+1, 0$ и -1 . Можно было бы аналогично построить и неизвестный в то время ρ -триплет со спином 1 . Если бы мы взяли не два, а несколько нуклонов и антинуклонов, то смогли бы сконструировать и некоторые другие мультиплеты. Однако при этом никогда бы не возникали частицы со странностью, отличной от нуля. Поэтому открытие гиперонов и K -мезонов показало недостаточность схемы Ферми — Янга.

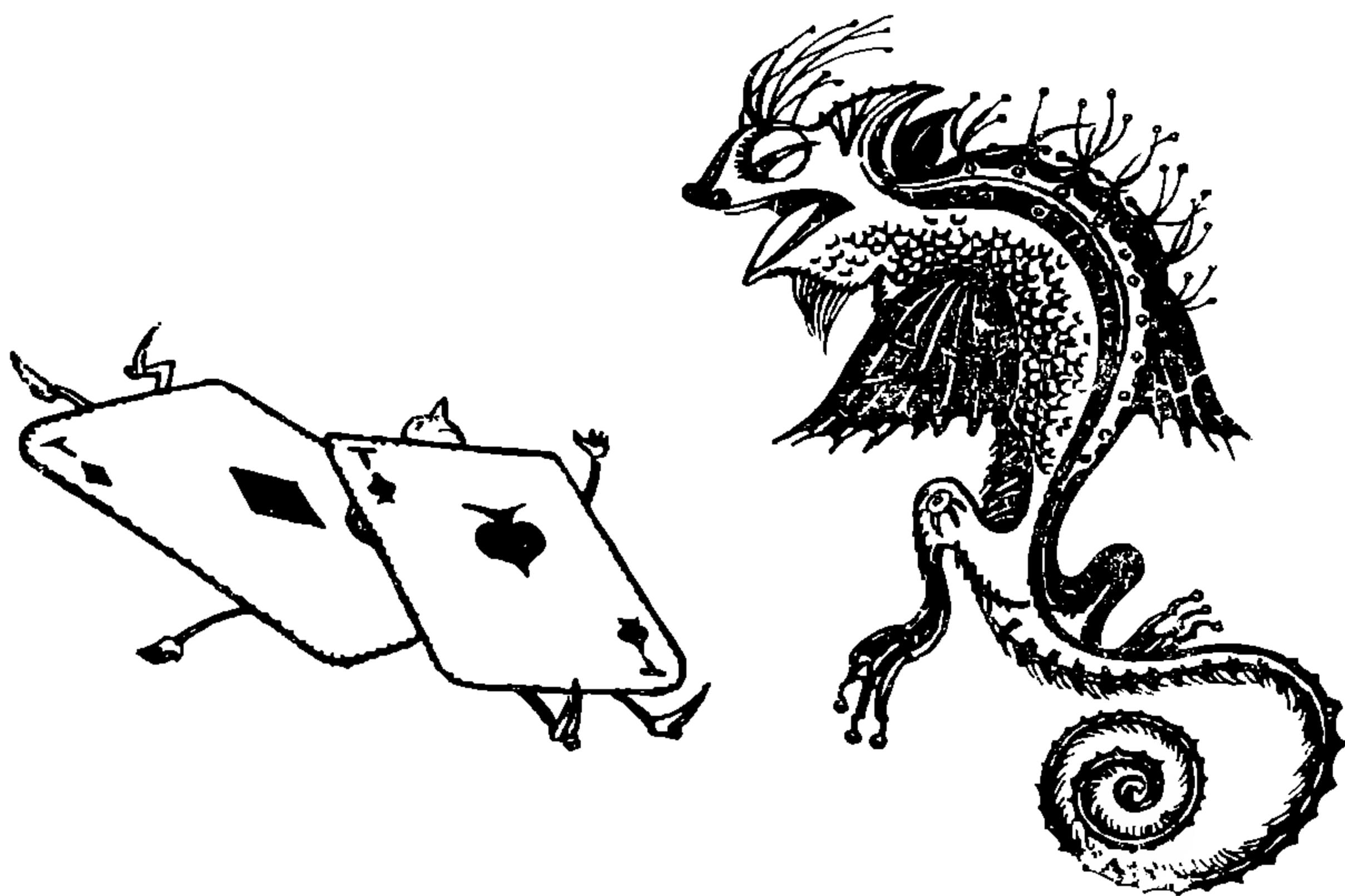
Японский физик Саката предложил взять дополнительно в качестве третьей фундаментальной частицы Λ -гиперон со спином $1/2$, электрическим зарядом $+1$, барионным зарядом $+1$ и странностью -1 . Но и модель Сакаты не дала возможности сконструировать достаточно удовлетворительно и просто все известные элементарные частицы. А их становилось все больше и больше.

КВАРКИ ИЛИ ТУЗЫ

Для дальнейшего продвижения вперед пришлось преодолеть трудный психологический барьер — надо было отказаться от привычного еще со школьных лет представле-

ния о том, что наименьший возможный электрический заряд — это заряд электрона. Надо было отказаться от менее известного, но казавшегося таким естественным предположения, что барионный заряд, как и электрический может принимать только три значения: $1, 0$ и -1 . И, кроме того, надо было допустить, что существуют такие объекты, которых никто еще экспериментально не обнаруживал (а на это физики идут крайне неохотно).

Этот решительный шаг сделали одновременно и независимо американский физик

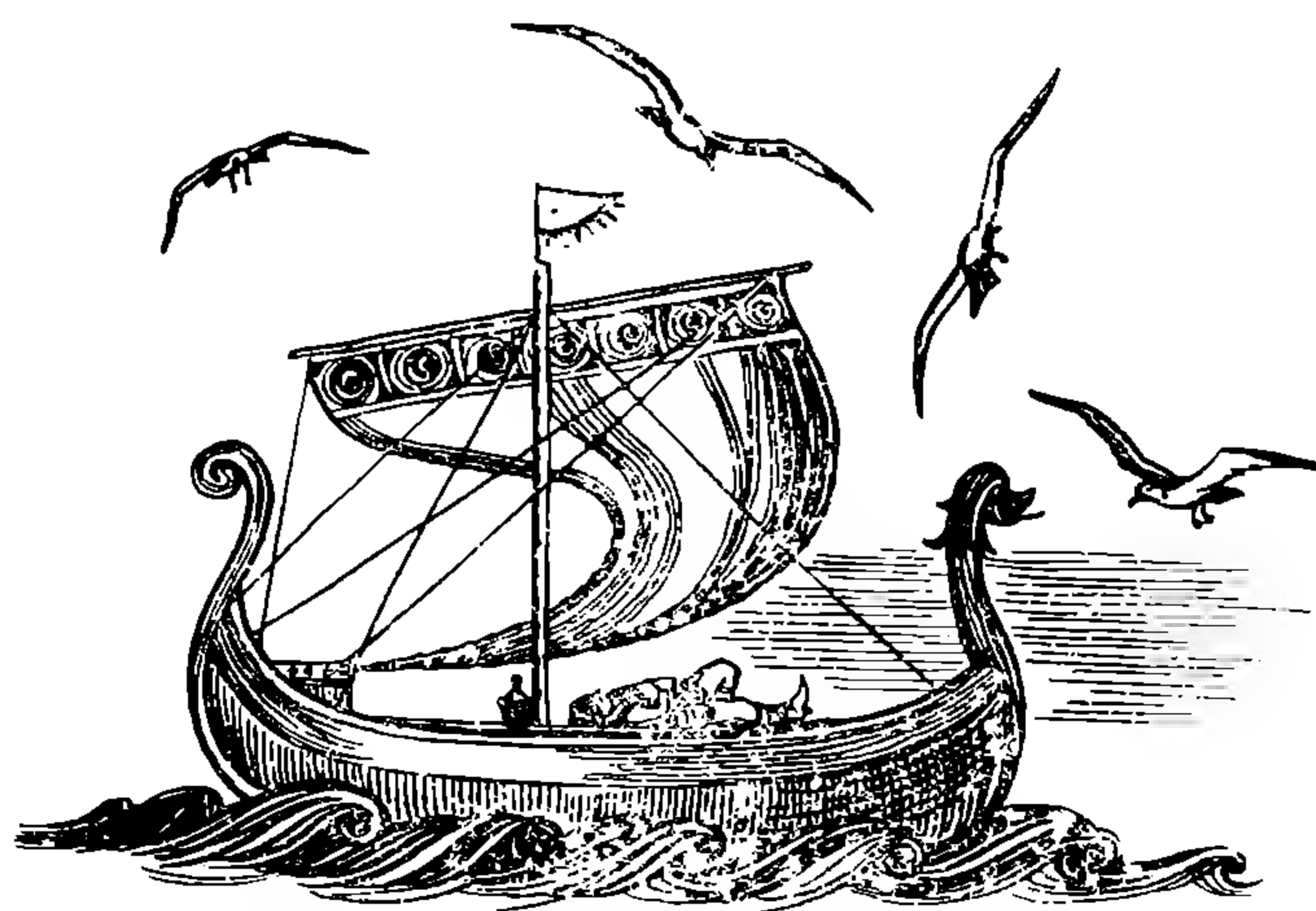


М. Гелл-Мани и сотрудник ЦЕРНа в Швейцарии Цвейг. Обозначив изобретенные ими фундаментальные частицы малыми буквами p , n , λ , свойства их проще всего сгруппировать в такую простую таблицу:

Кварки	Электрический заряд	Барионное число	Странность	Спин
p	$+\frac{2}{3}$	$+\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{2}$
n	$-\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{2}$
λ	$-\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$	-1	$\frac{1}{2}$

Новые частицы требовали и нового названия, которое резко бы отличало их от того, что мы раньше называли (да и теперь продолжаем называть) элементарными частицами. Цвейг назвал их тузами. Но то ли физики не склонны пользоваться образами, взятыми из карточной игры, то ли по другим психологическим причинам, но привилось не это название, а то, которое придумал М. Гелл-Мани — «кварки». Любопытно, что ни в одном словаре любого языка мира такого слова найти нельзя. Как сказал акад. И. Е. Тамм в своем докладе на общем собрании АН СССР, когда о кварках уже появилась обширная литература, «...что означает это слово — никто понять не мог»¹. И не удивительно.

У английского писателя Дж. Джойса есть роман, заглавие которого, по-видимому, правильное всего перевести как «Поминки по Финнегану» (на русском языке не издавался). Роман написан в очень сложной манере, но нас интересует только один отрывок из него. В бреду Финнегану, или его двойнику, вытеснившему его из жизни, — горбуну, трактирщику из Дублина Хемфри Чимпену Эрвику, чудится, что он король Марк, у которого Тристан похитил Изольду. Над кораблем несутся четыре чайки, которые одновременно представляют собой судей, а может быть, четырех евангелистов, и выкрикивают озорную песенку: «Три кварка для мистера Марка. Вот он лежит без прикрас. Будет забавно увидеть, как он охотится за своей рубашкой и ловит свои



штанишки». И дальше опять: «Три кварка. три кварка».

Вот и все, что известно об этом слове. Оно остается таинственным и непонятным, как кошмар, и в самом романе. Но кварков три и они фантасмагоричны. Поэтому, вероятно, этот образ и показался М. Гелл-Манну подходящим для наименования «самых фундаментальных» частиц в природе, вызванных к жизни фантазией физика-теоретика.

Как же из трех кварков и трех антикварков построить многообразное и увеличивающееся семейство адронов?

КОНСТРУИРОВАНИЕ АДРОНОВ

На рис. 1 дана классификация 92 адронов. Попробуем построить их все из теории кварков.

Так как у кварков барионный заряд равен одной трети, то для того, чтобы построить барион, надо взять три кварка (или четыре кварка и один антикварк и т. д. для более сложных случаев). Если спины у них направлены одинаково, то спин построенного бариона будет равен $3/2$. Всего можно построить из трех разных сортов частиц десять различных симметричных комбинаций (рис. 2).

Итак, мы получили барионный декаплет со всеми характеризующими его значениями квантовых чисел. Массы частиц этого супермультиплета: 1236, 1382, 1529 и 1675. Разность двух соседних чисел будут соответственно: 146, 147, 146. Это приводит к предположению, что p и n имеют примерно одинаковую массу, а λ на 146 $M_{\text{эв}}$ тяжелее их.

¹ См. «Природа», 1965, № 6, стр. 6—16.

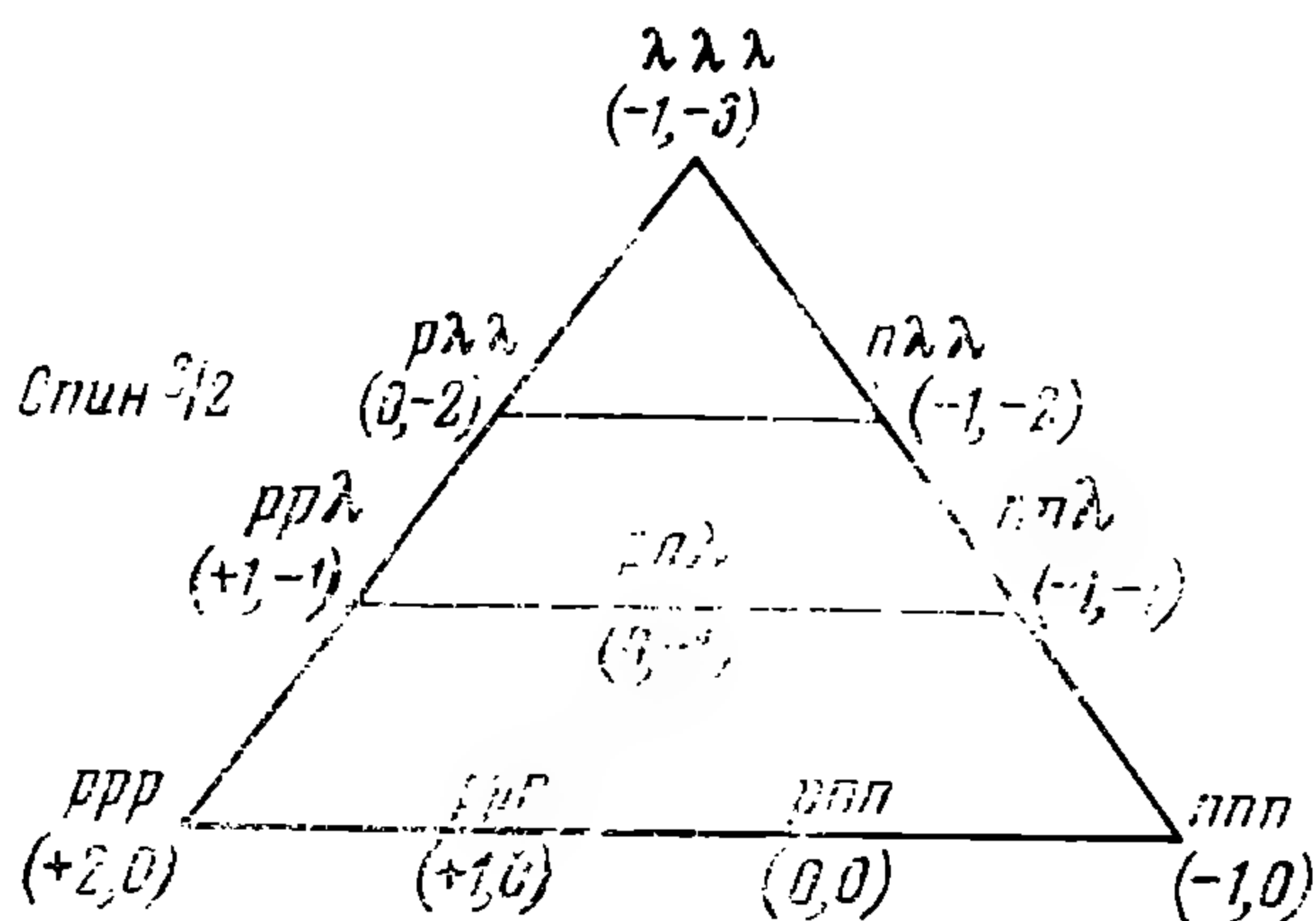


Рис. 2. Схема декаплета, построенного из кварков p и λ . В скобках под каждой комбинацией поставлен электрический заряд и странность из таблицы свойств кварков

Надо отметить, что декаплет и закон изменения масс в нем были получены еще до появления теории кварков и существование Ω^- -гиперона и его масса были предсказаны М. Гелл-Манном раньше, чем эта частица была обнаружена экспериментально¹.

Перейдем теперь к барионному октету. Составить его из кварков по тому же правилу нетрудно² (рис. 3).

Аналогично из антикварков строятся антибарионы. Прежде чем перейти к мезонам, рассмотрим, как выполняется для барионного октета правило масс. Средние массы по строчкам снизу вверх 939, 1173, 1318 и соответствующие разности 234 и 145. Как

¹ См. «Природа», 1964, № 11, стр. 64—65.

² Более строгое изложение см. в УФН, 1965, № 6, статья акад. Я. Б. Зельдовича.

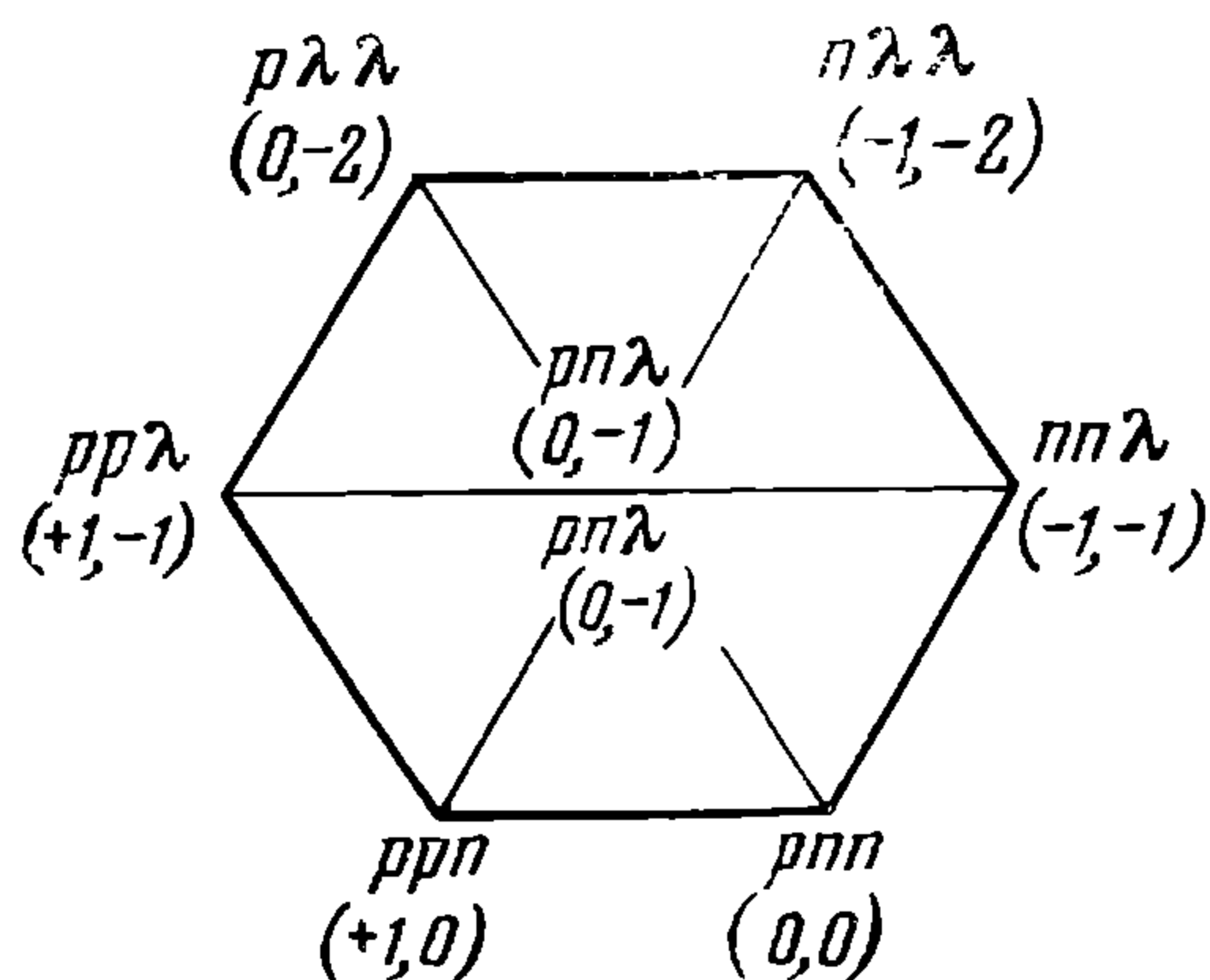


Рис. 3. Схема барионного октета, построенного из кварков

видим, оно хорошо оправдывается только для второй разности.

Для мезонов барионный заряд равен нулю. Следовательно, каждый мезон в простейшем случае должен состоять из одного кварка и одного антикварка. Из трех кварков и трех антикварков можно составить девять таких комбинаций (рис. 4).

Теория кварков дает все обнаруженные до сих пор элементарные частицы и предсказывает, какие еще не открытые экспериментально частицы должны существовать в природе. Для гипотезы и этого уже немало — быть логически стройной, объяснять все то, что могут объяснить и другие теории, не противоречить ни одному известному факту и предсказывать новые. Но у модели кварков есть и еще одно огромное преимущество — она сумела объяснить то, что оставалось загадочным для других теорий.

МАГНИТНЫЕ МОМЕНТЫ

Спин элементарной частицы — это ее момент количества движения. Если представить себе частицу в грубой модели как заряженный шарик, вращающийся вокруг собственной оси, то, естественно, должен появиться и магнитный момент, который у положительно заряженной частицы будет иметь такое же направление, как и спин, а у отрицательно заряженной — противоположное. Эксперименты, которые удалось произвести для протона и электрона, подтвердили это положение и показали, что достаточно точно измеренный магнитный момент нейтрона μ_n равен по величине 0,685

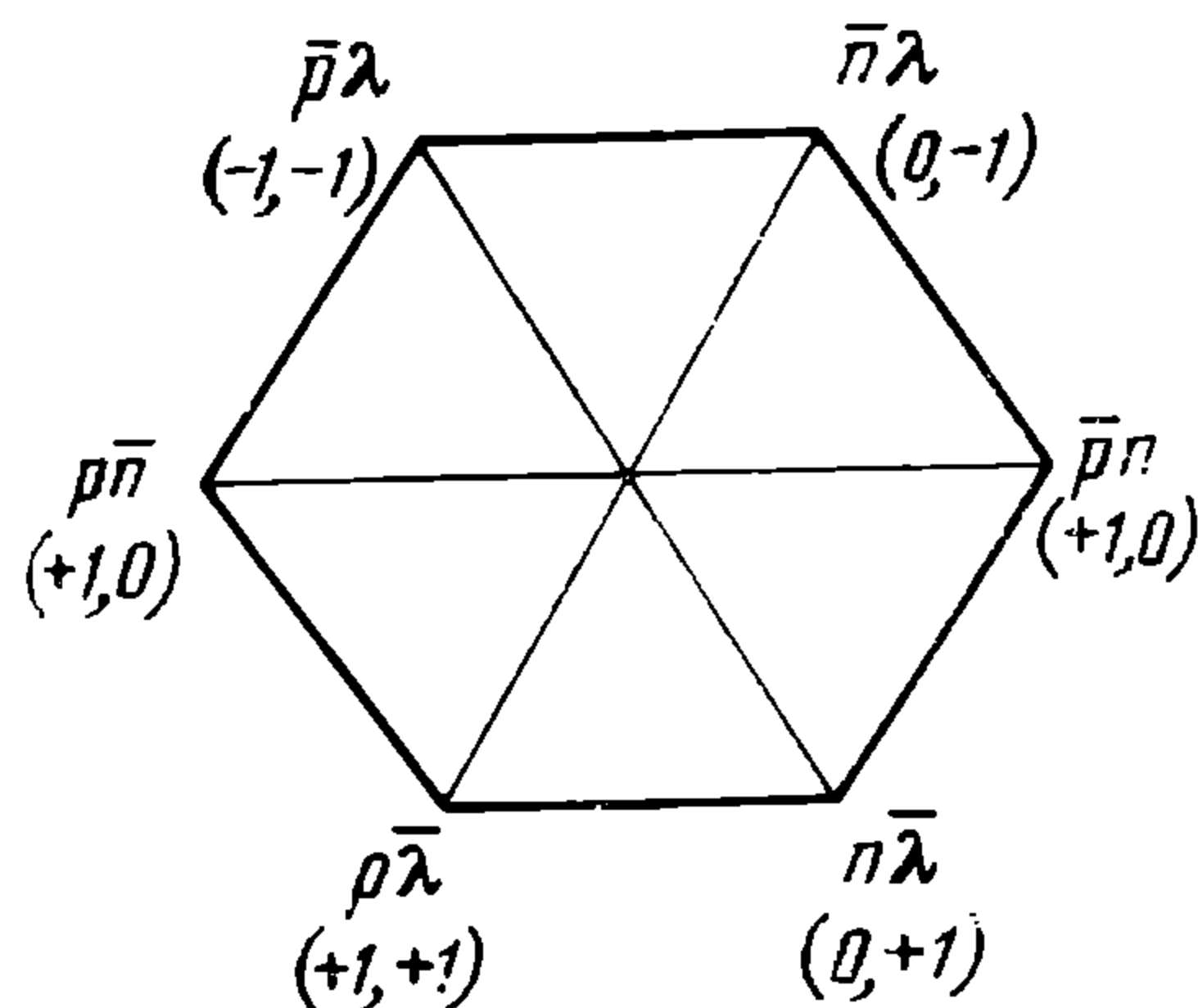


Рис. 4. Схема конструирования шести мезонов из кварков и антикварков. Для того чтобы, как на рис. 3 и 4, странность возрастала сверху вниз, порядок расположения частиц иной, чем на рис. 1

протонного μ_P , но направлен так, как у электрона, т. е. противоположно спину (рис. 5):

$$\frac{\mu_N}{\mu_P} = -0.685.$$

С другой стороны, измеряя рассеяние быстрых электронов на нуклонах, определили внутреннее распределение зарядов и токов внутри протона и нейтрона. Оказалось, что электрический радиус протона и магнитный протона и нейтрона примерно равны, а электрический радиус нейтрона равен 0, т. е. таков, как если бы нейтрон был полностью нейтральной системой не только по общему заряду, но и на любой глубине внутри него встречалось бы равное количество положительных и отрицательных зарядов.

Модель кварков позволила качественно понять эти закономерности. Покажем, например, как получается отношение магнитного момента нейтрона к магнитному моменту протона. Если принять (а для этого есть достаточные основания), что магнитный момент самих кварков пропорционален их электрическому заряду, то мы можем записать?

$$\mu_p = \frac{2}{3} \mu_1; \quad \mu_n = -\frac{1}{3} \mu_1; \quad \mu_\lambda = -\frac{1}{3} \mu_1.$$

Величина μ_1 — некоторый магнитный момент, нечто вроде «кваркового магнетона», для нас здесь несущественна. Теперь мы можем получить и магнитные моменты для всех частиц. Например, в декаплете:

$$\mu_{\Delta^{++}} (p \uparrow p \uparrow p \uparrow) = \frac{2}{3} \mu_1 + \frac{2}{3} \mu_1 + \frac{2}{3} \mu_1 = 2 \mu_1$$

$$\mu_{\Delta^+} (p \uparrow p \uparrow n \uparrow) = \frac{2}{3} \mu_1 + \frac{2}{3} \mu_1 + \left(-\frac{1}{3} \mu_1\right) = \mu_1$$

$$\mu_{\Delta^0} (p \uparrow n \uparrow n \uparrow) = \frac{2}{3} \mu_1 + \left(-\frac{1}{3} \mu_1\right) + \left(-\frac{1}{3} \mu_1\right) = 0$$

$$\mu_{\Delta^-} (n \uparrow n \uparrow n \uparrow) = \left(-\frac{1}{3} \mu_1\right) + \left(-\frac{1}{3} \mu_1\right) + \left(-\frac{1}{3} \mu_1\right) = -\mu_1$$

$$\mu_{\Sigma^{*+}} (p \uparrow p \uparrow \lambda \uparrow) = \frac{2}{3} \mu_1 + \frac{2}{3} \mu_1 + \left(-\frac{1}{3} \mu_1\right) = \mu_1$$

и т. д.

Таким образом, в декаплете, в котором спины всех кварков направлены в одну сторону, магнитный момент просто пропорционален заряду частицы.

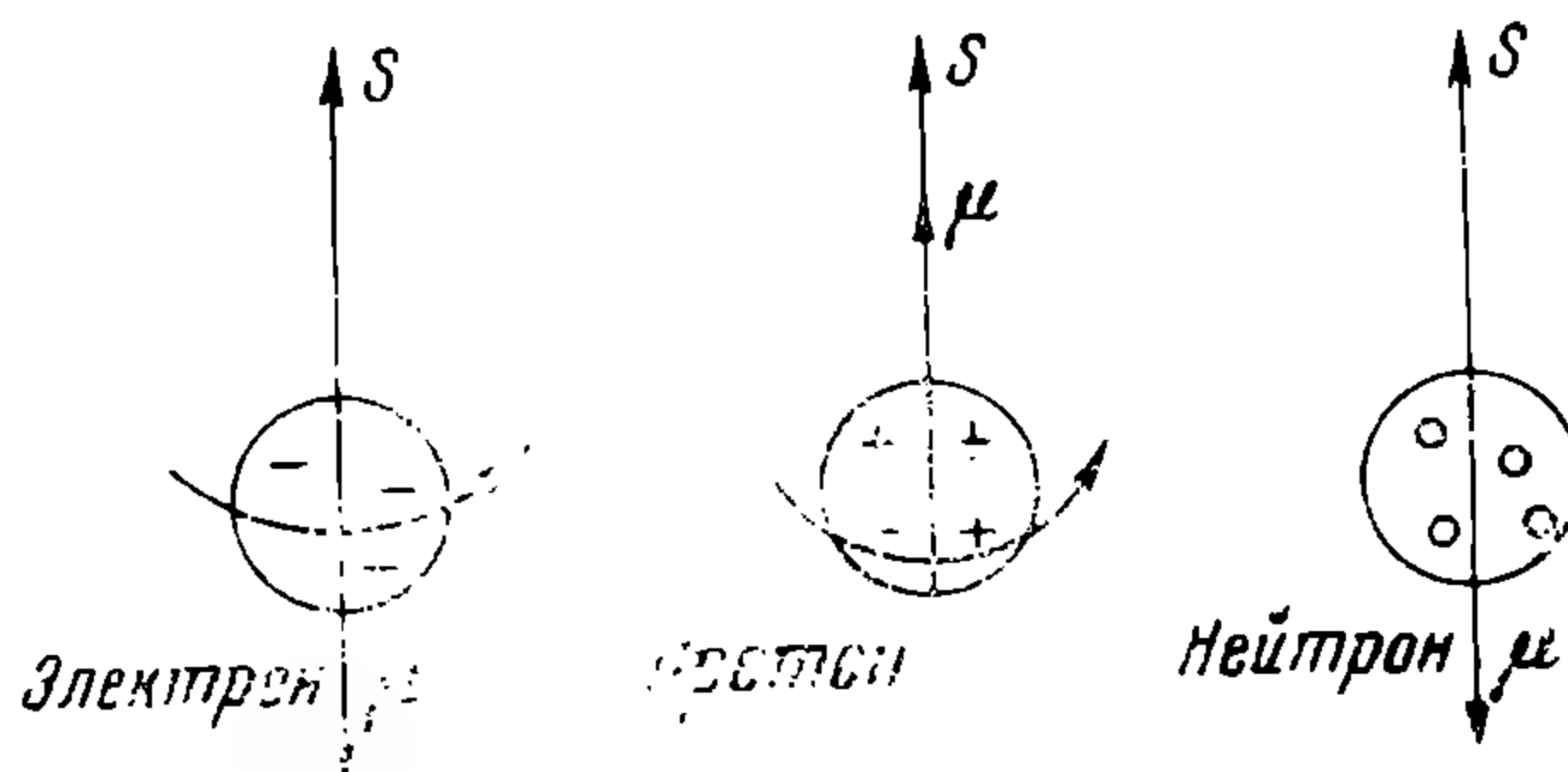


Рис. 5. У положительно заряженной частицы магнитный момент направлен в ту же сторону, что и спин S , у отрицательно заряженной они направлены в разные стороны. У нейтрона спин равен спину протона, но магнитный момент составляет всего 0,685 протонного и направлен противоположно спину

Иначе обстоит дело у барионов со спином половина, у которых спин одного из кварков направлен противоположно спинам двух других. Протон P может быть получен, как мы уже упоминали, двумя способами: $p \uparrow p \downarrow n \uparrow$ и $p \uparrow p \uparrow n \downarrow$. Оперируя с волновыми функциями кварков, можно показать, что первая комбинация осуществляется с вероятностью $1/3$, а вторая с вероятностью $2/3$. Тогда для среднего магнитного момента протона мы получим:

$$\mu_P = \frac{1}{3} \left[\frac{2}{3} \mu_1 - \left(+\frac{2}{3} \mu_1 \right) + \left(-\frac{1}{3} \mu_1 \right) \right] + \frac{2}{3} \left[\frac{2}{3} \mu_1 + \left(+\frac{2}{3} \mu_1 \right) - \left(-\frac{1}{3} \mu_1 \right) \right] = \mu_1$$

Для нейтрона с вероятностью $1/3$ участвует комбинация $p \uparrow n \uparrow n \downarrow$ и с вероятностью $2/3$ — комбинация $p \downarrow n \uparrow n \uparrow$. Отсюда

$$\mu_N = \frac{1}{3} \left[\frac{2}{3} \mu_1 + \left(-\frac{1}{3} \mu_1 \right) - \left(-\frac{1}{3} \mu_1 \right) \right] + \frac{2}{3} \left[-\left(+\frac{2}{3} \mu_1 \right) + \left(-\frac{1}{3} \mu_1 \right) + \left(-\frac{1}{3} \mu_1 \right) \right] = -\frac{6}{9} \mu_1 = -\frac{2}{3} \mu_1$$

Тогда отношение магнитных моментов нейтрона и протона будет:

$$\frac{\mu_N}{\mu_P} = \frac{-\frac{2}{3} \mu_1}{\mu_1} = -\frac{2}{3} = -0,667,$$

что меньше, чем на 3% отличается от экспериментального значения 0,685! Это блестящий аргумент в пользу гипотезы кварков.

ПОЧЕМУ ЖЕ КВАРКИ — ВСЕ ЕЩЕ ГИПОТЕЗА?

Мир устроен так, как если бы кварки существовали. Но достаточно ли этого для того, чтобы признать их существование доказанным? Ведь в свое время Ньютон ничего не мог (и не хотел) сказать о природе сил тяготения. Он только доказал, что планеты движутся и весь мир устроен так, как если бы все тела притягивались с силой, прямо пропорциональной их массе и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Собственно говоря, и в наше время не так уж много можно добавить к этой формулировке, тем не менее никто не считает закон всемирного тяготения сколь бы то ни было сомнительной гипотезой.

История науки знает немало примеров, когда то, что объясняло устройство мира, потом оказывалось существующим в действительности, хотя экспериментально подтверждалось значительно позже. Так было и с кинетической теорией газов, в которой существование атомов и молекул было чисто гипотетической предпосылкой, так было и в недавнее время, когда физическое существование единиц наследственности — генов, было весьма условным, хотя и удобным предположением.

Однако есть и другие исторические примеры. До открытия закона превращения энергии теория теплорода, например, прекрасно объясняла все, что было известно тогдашней науке о теплоте. Тем не менее теплород был с течением времени отброшен, как и многие другие ненаблюдаемые субстанции, умозрительно введенные в науку в восемнадцатом веке.

К какой же группе принадлежат кварки, к первой или ко второй?

Скептики выдвигают один очень интересный тезис. Кварки изобретены умозрительно — нет ни одного эксперимента, который однозначно требовал бы их существования. Неужели изобретательная природа не может иметь в своем богатом арсенале какого-либо другого секрета конструирования элементарных частиц — секрета, который пока недоступен ученым и который, возможно, еще труднее себе представить, чем крошечные электрические заряды? Вероятность того, что из огромного количества вариантов ученые угадали именно тот, который реально осуществляется, чрезвычайно мала, — говорят они. И, кроме того, сведение многообразия к единству — закон скорее психологи-

ческий, чем физический. Природе ничего нельзя предписывать — она такова, какова есть, и не исключено, что за многообразием элементарных частиц ничего более простого вообще нет. Таким образом, кварки остаются гипотезой и гипотезой довольно сомнительной до тех пор, пока они не будут обнаружены экспериментально.

Кстати, если они есть, почему они до сих пор экспериментально не обнаружены? Этот самый каверзный вопрос требует специального рассмотрения.

ГДЕ МОГУТ БЫТЬ КВАРКИ?

Возможны три типа экспериментов, в которых кварки могли бы проявиться. Прежде всего, благодаря дробному заряду их легко было бы обнаружить среди продуктов ядерных реакций, вызываемых в веществе заряженными частицами, разогнанными до огромных энергий в мощных ускорителях. Тончайшая техника анализа продуктов таких реакций позволяет однозначно утверждать, что кварки при этом не образуются. Следовательно, либо их нет, либо масса их настолько велика, что предельная мощность современных ускорителей — $3 \cdot 10^{10}$ эв (ускорители Брукхейвенской лаборатории и ЦЕРНа) недостаточна для их образования. Не надо забывать, что кварк не может образоваться в одиночку — должны появляться хотя бы два кварка одновременно. Поэтому анализ отрицательных результатов опытов на ускорителях ЦЕРНа и Брукхейвена (30 Гэв) показывает, что масса кварка должна быть не меньше 5 Гэв, т. е. по крайней мере в 5 раз больше массы протона.

Второй путь, по которому можно вести поиски новых фундаментальных частиц, — продукты ядерных реакций при столкновении высокоэнергичных космических лучей с ядрами атомов атмосферы. Анализ опытов, проведенных в этом направлении, опять-таки показывает, что либо кварков нет, либо их масса больше 7 Гэв.

И, наконец, третий путь — поиски «холодных» кварков, имеющих температуру окружающей среды. Экспериментальные поиски на этом пути начались сравнительно недавно, а теоретический расчет впервые был произведен советскими учеными Я. Б. Зельдовичем, Л. Б. Окунем и С. Б. Пикельнером¹.

¹ См. УФН, 1965, т. 87, вып. 1.

Для того, чтобы проводить конкретные расчеты, они приняли массу p - и n -кварков равной 10 протонным массам (около 10 Гэв , точнее 9380 Мэв). У λ -кварка, напомним, она всего на 146 Мэв больше, так что при грубых расчетах можно для всех трех кварков принять массу 10 Гэв . Возможно, что и массы p - и n -кварков не абсолютно точно равны одна другой. Разница в несколько Мэв может сыграть существенную роль в их эволюции, так как для более легкого кварка больше вероятность остаться стабильным в свободном состоянии.

При массе кварка в 10 Гэв для образования пары кварков нужна частица, несущая энергию в $200\text{--}300\text{ Гэв}$ ($3 \cdot 10^{11}\text{ эв}$). Ускорителей на такие мощности пока не существует и в ближайшее время вряд ли они будут построены. До их появления попытки обнаружить кварки этим путем вряд ли смогут дать какой-либо положительный результат.

Посмотрим теперь, что могут дать космические лучи. Непосредственное рождение кварков в космических лучах, как мы уже говорили, наблюдать до сих пор не удалось. Но космические лучи могут быть источником «холодных» кварков. В самом деле, в потоке этих лучей есть некоторая доля частиц с энергией $3 \cdot 10^{11}\text{ эв}$ и выше, которые могут при столкновении с ядрами атомов в верхних слоях атмосферы в каком-то (очень небольшом) проценте случаев образовывать кварки. Таких частиц мало, но 5 млрд. лет они непрерывно врываются в земную атмосферу и за это время должно было образоваться примерно сто миллиардов кварков на каждый квадратный сантиметр. Куда же они делись потом? Как каждая заряженная частица (заряд кварка никак нельзя нейтрализовать, так как он дробный, а все заряды окружающих частиц целочисленные по отношению к заряду электрона), кварк должен становиться центром конденсации паров воды и вместе с образовавшейся капелькой попадает на землю, и тем или иным путем в океан, где кварки равномерно распределяются по всей толще воды. За миллиарды лет накопилось всего около одного миллиграмма кварков на кубический километр океана! В осадках внутренних водоемов, не связанных с океаном, после их испарения количество кварков может быть в 10 или 100 раз больше, так как кварки практически не испаряются вместе с водой.

Еще в 100 раз большей окажется кон-

центрация кварков, образовавшихся под действием космических лучей в тех метеоритах, возраст которых сравним с возрастом Земли и размер достаточно велик ($\sim 30\text{ см}$), чтобы удержать кварки в момент их рождения. Но и здесь она не превосходит миллиграмма на сто тысяч тонн.

До сих пор речь шла о постоянном возникновении кварков в наши дни. Но если все тяжелые элементарные частицы могут быть образованы из кварков, то естественно предположить, что в какой-то чрезвычайно отдаленный момент времени были одни кварки, которые в процессе эволюции Вселенной «выгорели», превратились в частицы. Однако какое-то количество из них могло остаться и в первоначальном виде. Авторы упомянутой работы рассматривают и этот путь.

Столкновение трех кварков сразу — явление маловероятное. Но Зельдович, Окунь и Пикельнер показывают, что так как кварки значительно тяжелее элементарных частиц, то и при гораздо более вероятном столкновении всего двух кварков образуется частица плюс антикварк, который потом, сталкиваясь с одиночным кварком, в свою очередь превращается в мезоны. Таким образом, процесс «выгорания» кварков сводится к парным столкновениям.

В зависимости от того, какую модель для первоначального сверхплотного состояния Вселенной выбрать, получается, что уже на первых этапах эволюции, еще до образования галактик, кварков оставалось либо один на миллиард, либо один на миллиард миллиардов ядерных частиц.

Далее, согласно современным космогоническим представлениям, из первичного газа сконденсировались галактики. В галактиках часть газа превращалась в звезды; в частности, в нашей Галактике в звезды собралось уже более 98% первоначального вещества. В звездах процесс «выгорания» кварков при парных столкновениях продолжается, и в результате, независимо от выбранной модели первоначального состояния Вселенной, их останется в веществе звезд (а следовательно, и планет) примерно такая же концентрация, какая накопилась в океане за время жизни Земли. Надо только заметить, что при температурах близких к тем, которые существуют внутри Солнца, кварки с зарядом $1/3$ должны преимущественно прилипать к ядрам углерода, азота и кислорода и в дальнейшем разделять их судьбу.

Кварки, не побывавшие на звездах, должны быть или свободными (при заряде $+2/3$) или прилипшими к ядру межзвездного водорода (при заряде $-1/3$) и осаждаться вместе с ним из-за сохраняющегося заряда на частицах межзвездной пыли. Расчеты показывают, что в межзвездном газе должно остаться 10—20% первоначальной концентрации (10^{-9} или 10^{-18}) кварков.

Итак, концентрация кварков (если они все же существуют) на Земле должна быть порядка 10^{-18} и в лучшем случае до 10^{-17} (одна миллионмиллиардная процента). Это, конечно, очень малая доля и обнаружить их не легко. Однако, если использовать некоторые остроумные методы повышения их концентрации и применить современную сверхчувствительную экспериментальную технику, все же можно будет установить, есть ли они в природе и справедлива ли чрезвычайно остроумная и красивая гипотеза кварков.

ПОИСКИ «ХОЛОДНЫХ» КВАРКОВ

Прежде всего, возникает вопрос: почему при определении элементарного электрического заряда не было обнаружено дробных зарядов? Есть, например, опыты Милликаена (рис. 6). В них измерялся заряд капельки масла, и он оказывался равным заряду электрона или кратной ему величине. Если бы в этой капельке был хоть один кварк, то он был бы обнаружен. Но мог ли там оказаться кварк? В самом деле, при самой тщательной проверке опыта Милликаена наблюдалось 10^4 капелек, весом около 10^{-11} г каждая, т. е. всего 10^{-7} г, в которых содержится примерно 10^{17} — 10^{16} нуклонов. А как мы

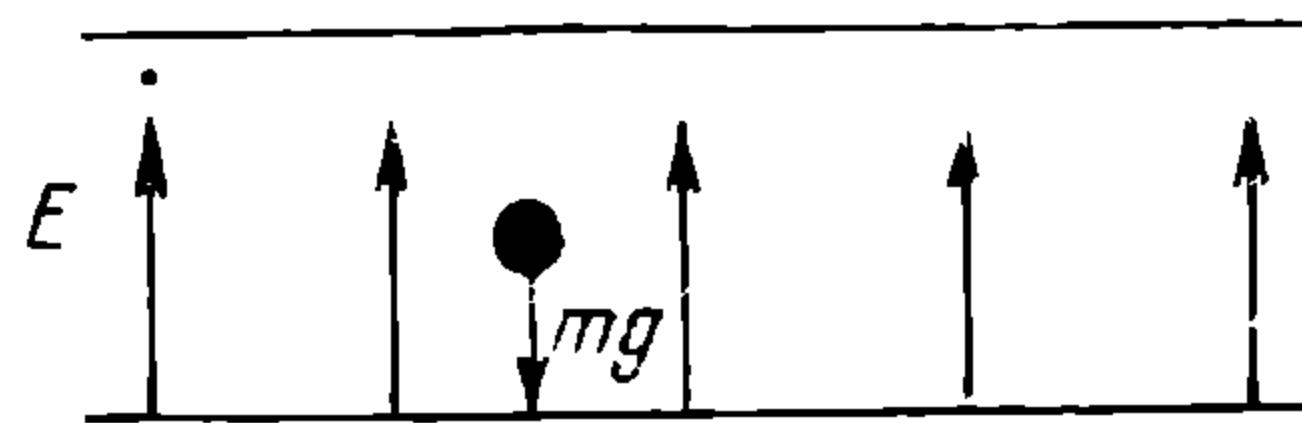
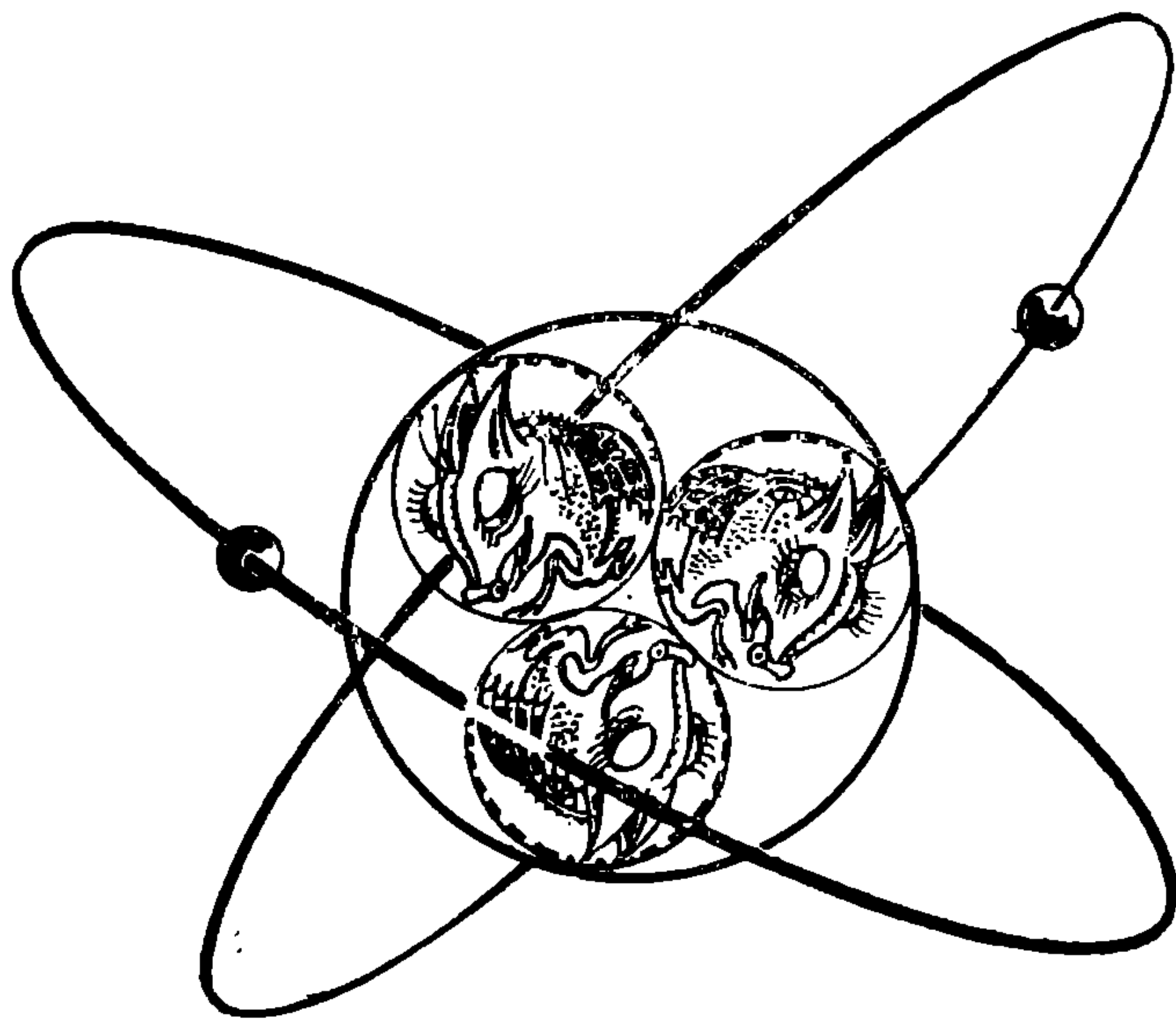


Рис. 6. Схема опыта Милликаена. Электростатическое поле E , приложенное к заряду e , создает подъемную силу Ee , противоположную по направлению силе веса mg . Меняя величину E , добиваются неподвижности капельки масла, наблюдаемой в микроскоп. Когда заряд изменится (за счет ионов воздуха или фотоэффекта), изменяя E , вновь добиваются равновесия

видели, один кварк приходится на 10^{16} — 10^{20} нуклонов. Следовательно, вероятность того, что в этом масле был хоть какой-нибудь кварк, не больше одной тысячной. На самом деле вероятность еще меньше. Это связано с тем, что масло, капельки которого наблюдались в опыте Милликаена, было подвергнуто очистке; кварки заряжены, а масло неполярно, следовательно кварки стремятся «выскочить» на любую полярную стенку, на фильтр, на стенки стеклянных, железных сосудов, поэтому при всякой очистке масло должно обедняться кварками.

Не меньшие трудности появляются, когда мы хотим обнаружить кварки при помощи масс-спектрометра в воде. Кварк заряжен и поэтому он гидратируется. Это значит, что к нему притягиваются молекулы воды, он включается в массивный комплекс и «не хочет» испаряться. Поэтому, когда вводится проба в масс-спектрометр, то в газовый объем, где происходит разделение частиц, попадает вода без кварков, если не приняты специальные меры, а вода с кварками остается на дне сосуда. К тому же в масс-спектрометре нельзя увидеть отдельный кварк — чтобы была заметна линия, их должно быть достаточно много.

Нужны принципиально новые методы. Прежде всего, говорят экспериментаторы, можно попытаться обогатить океаническую «кварковую руду». Но простая перегонка воды не поможет. Кварки, правда, испаряться практически не будут, но в осадке вместе с кварками окажется столько солей и грязи, что концентрация кварков останется все же очень малой. Не поможет и очистка воды при помощи фильтров, потому что заряженные кварки первыми пристанут к любому фильтру, к любой стенке, к любой ионообменной смоле. Концентрировать кварки нужно попробовать иначе. По предложению некоторых советских физиков, высказанному в прениях по докладу Я. Б. Зель-



довича, можно в вакуумную камеру вбрызгивать океанскую воду, мелкие капельки которой мгновенно и целиком превратятся в пар. Приложенное продольное электрическое поле разгоняет в одном направлении все заряженные частицы, которых в образовавшемся паре будет великое множество. Но на пути частиц расположена диафрагма, «вырезающая» очень узкий пучок заряженных частиц, проходящий затем через электрическую линзу. Все заряженные частицы фокусируются линзой на разных расстояниях в зависимости от их массы и заряда. Где-то, в строго определенном месте, окажутся сфокусированными и кварки, концентрация которых, как надеются физики, окажется здесь в миллиард раз больше, чем было в исходной воде.

Есть и еще один путь экспериментального обнаружения кварков. Хотя до сих пор рождение кварков в космических лучах не было обнаружено, такая возможность не исключается. Через счетчик космических лучей площадью в один квадратный метр за 3,5 месяца (а такой эксперимент уже можно поставить) должно пройти около тысячи кварков, которые, быть может, удастся обнаружить в искровой камере.

Поиски кварков возможны и методами астрономической спектроскопии. Некоторые звезды испускают интенсивный поток частиц достаточно большой энергии, чтобы они в атмосфере звезды образовывали заметное количество кварков. При этом должны возникнуть, правда в небольшом количестве, водородоподобные «кварко-атомы», в которых вокруг протона вращается не электрон, а отрицательно заряженный n - или λ -кварк. Кроме того, и электрон может образовывать атом с p -кварком. Эти атомы излучают спектр похожий на спектр водорода, при этом самая интенсивная его линия будет находиться в области близкого ультрафиолета и иметь длину волны около $2750 \text{ \AA}$ (L_α). Проф. И. С. Шкловский заметил, что в спектрах звезд есть такая линия, принадлежащая магнию. Выделить долю, вносимую в интенсивность этой линии кварками, при нормальной концентрации в 10^{-19} нельзя, но при заметно повышенной концентрации такая задача была бы выполнима.

Очевидно, могут быть предложены и многочисленные другие методы экспериментального обнаружения кварков. Во многих лабораториях мира такая работа уже ведется.

НЕМНОГО ФАНТАСТИКИ

До тех пор, пока кварки не будут обнаружены экспериментально, предположение об их существовании остается гипотезой. Но эта гипотеза заманчива уже тем, что она приводит нас к новому возможному источнику могучей энергии. Ведь при образовании протона (или другой частицы) из трех кварков общей массой примерно в 30 протонных масс выделяется энергия, равная 97% первоначальной массы! Это больше чем в 100 раз превосходит ту долю энергии, которая выделяется при термоядерных реакциях, поддерживающих излучение звезд, и почти равно энергии аннигиляции вещества и антивещества.

За последние годы астрономы уделяют большое внимание объектам и процессам, для объяснения энергетике которых термоядерных реакций уже недостаточно. Это грандиозные сверхзвезды (квазары)¹, взрывающиеся галактики, некоторые процессы в ядрах галактик. Может оказаться, что какие-то скопления кварков при специальных условиях, стали превращаться в нуклоны. Выделяющейся при этом энергии с лихвой будет достаточно даже для излучения квазаров, превосходящего по интенсивности общее излучение миллиардов звезд.

Возможно, что гипотетическое сверхплотное вещество, из которого, по некоторым предположениям акад. В. А. Амбарцумяна, образуются звездные ассоциации и даже галактики и которое ответственно за процессы в ядрах галактик, тоже так или иначе связано с такими скоплениями кварков (если они вообще существуют, конечно).

И, наконец, немалую услугу могут оказать кварки писателям-фантастам. Ведь кварки могут служить топливом для их фотонных ракет, искусственных солнц и космических взрывов, наряду с антивеществом.

* * *

Мир устроен так, как будто кварки есть. Но если их и не окажется, если гипотеза не подтвердится, то и в этом случае исключительная красота и стройность теории, смелость и логичность этой новой попытки объяснить строение мира будет вызывать восхищение каждого, кто с ней познакомится.

Так все же есть ли кварки? Будущее покажет!

М. А. Карев
Москва

УДК 539.121

¹ См. «Природа», 1964, № 8, стр. 92–97.



В. А. Ватагин рассказывает посетителям выставки о своих работах

ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ ХУДОЖНИК-АНИМАЛИСТ

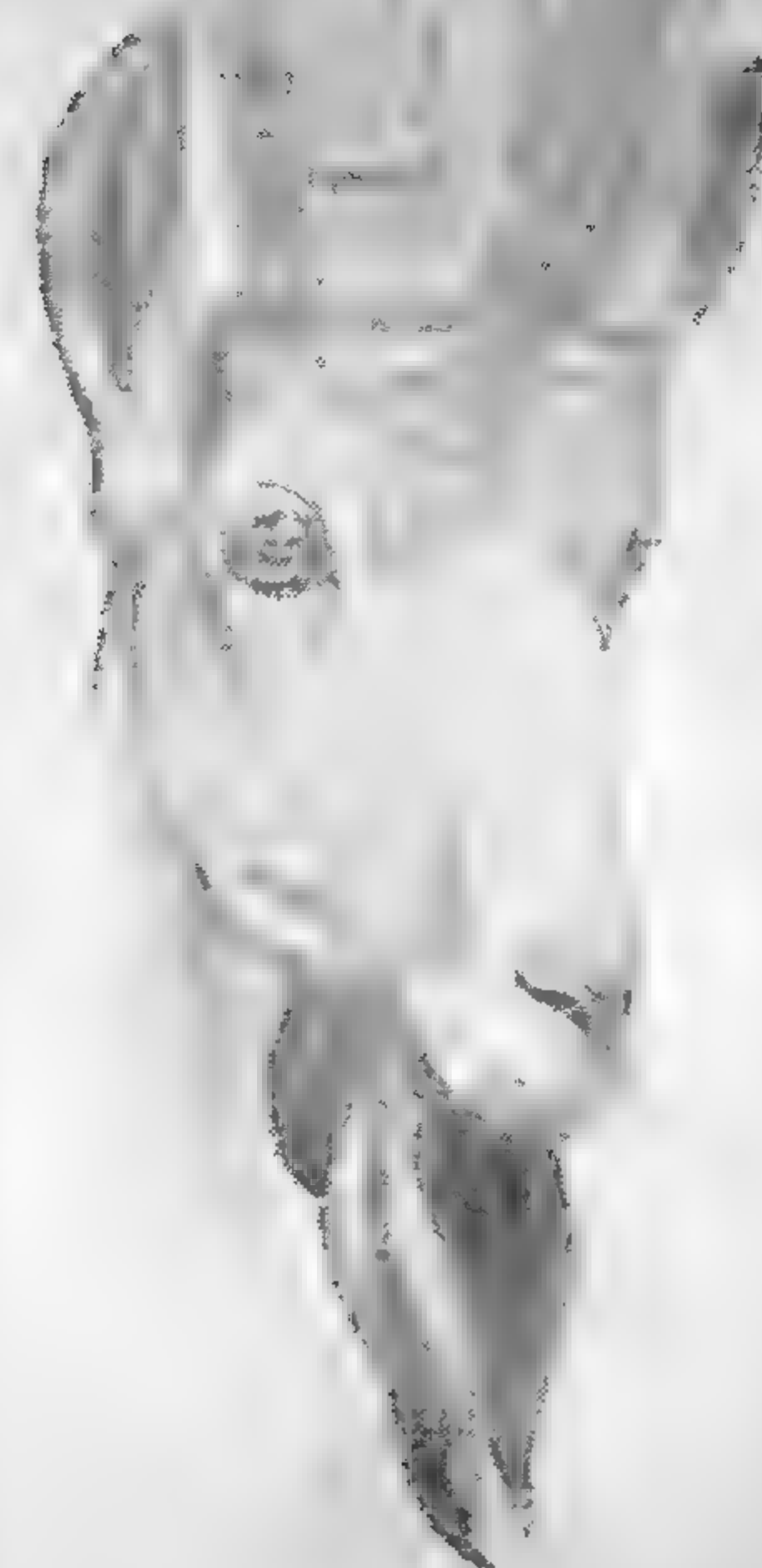
60 ЛЕТ ТВОРЧЕСТВА В. А. ВАТАГИНА

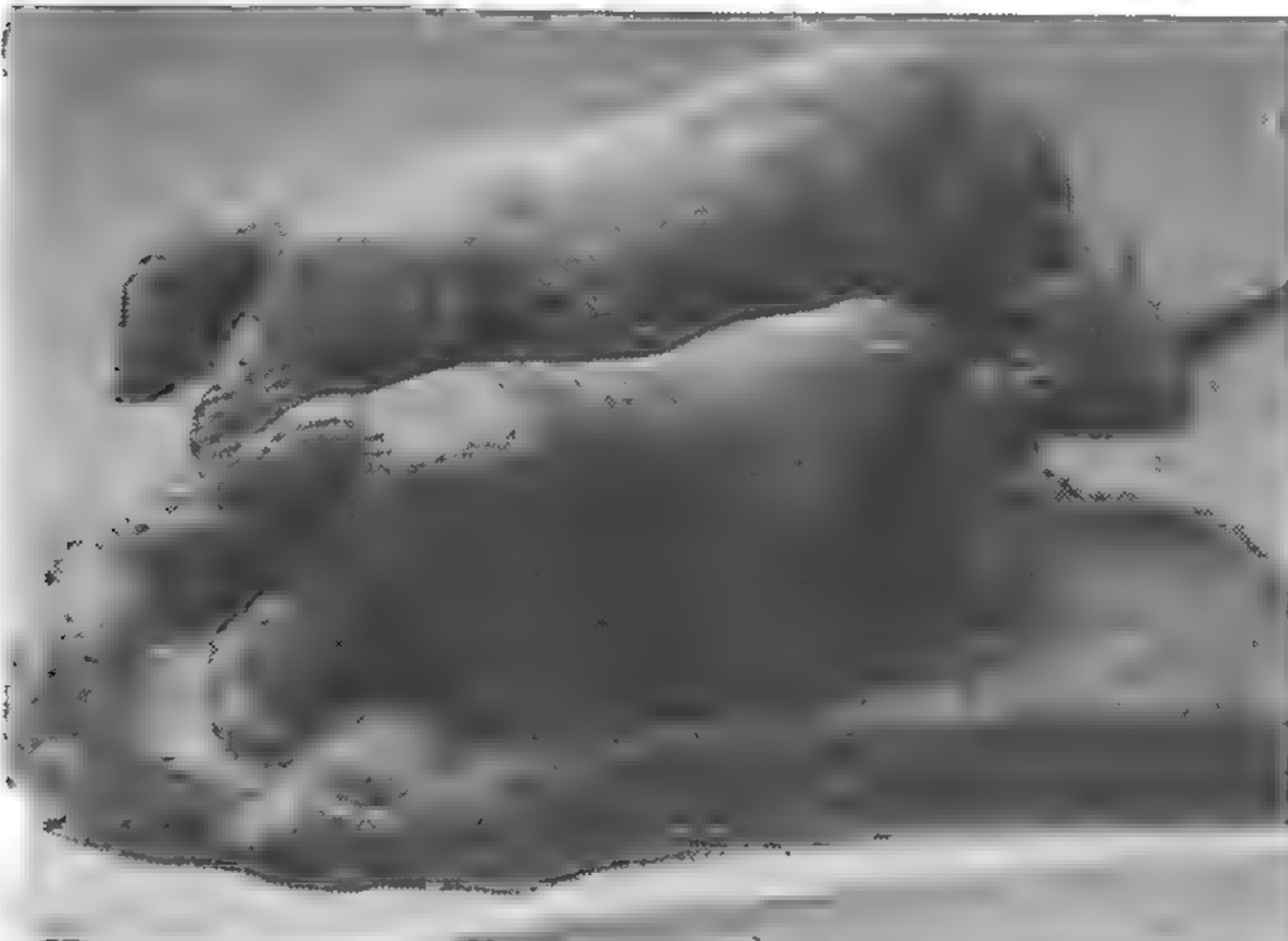
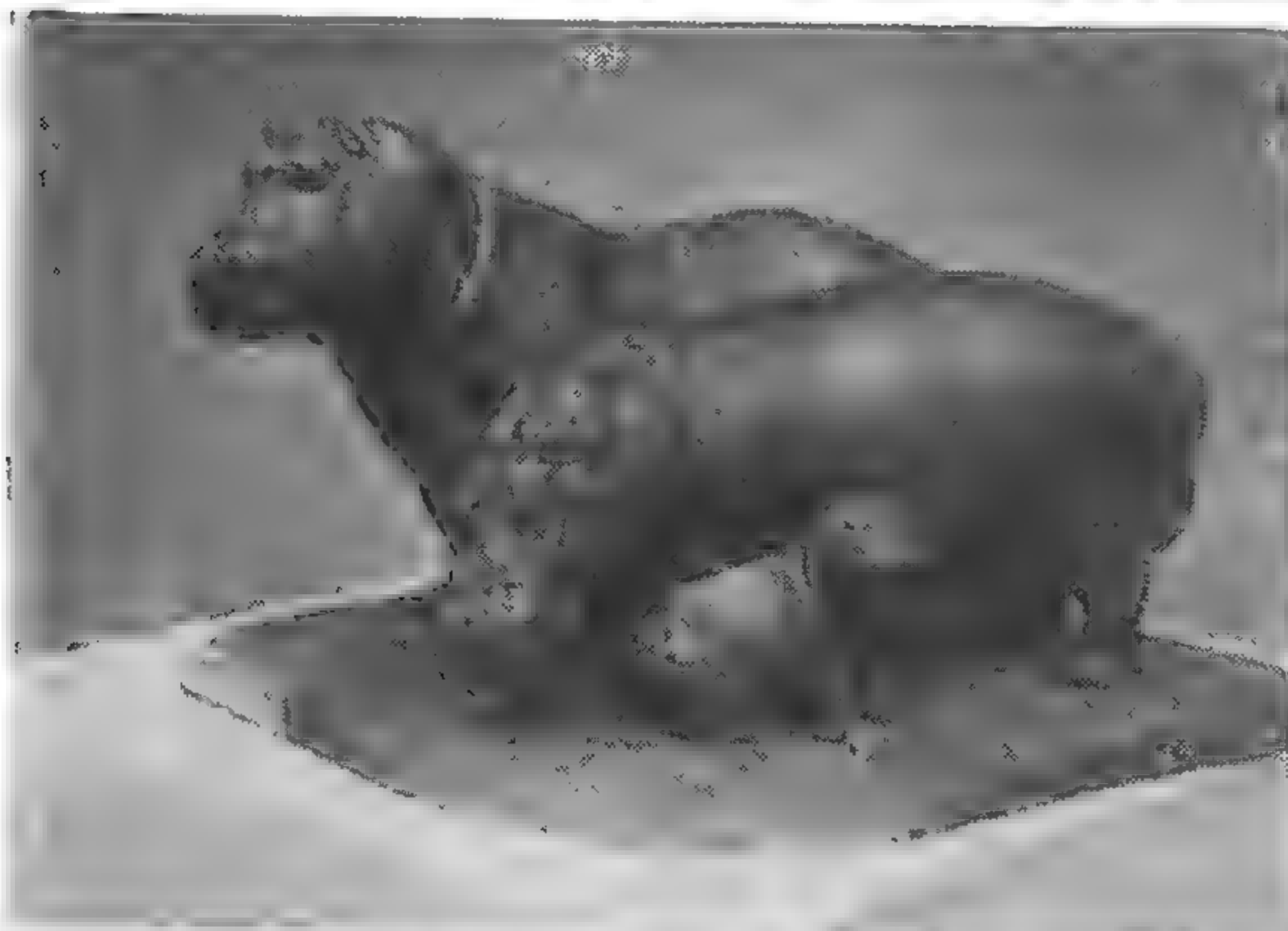
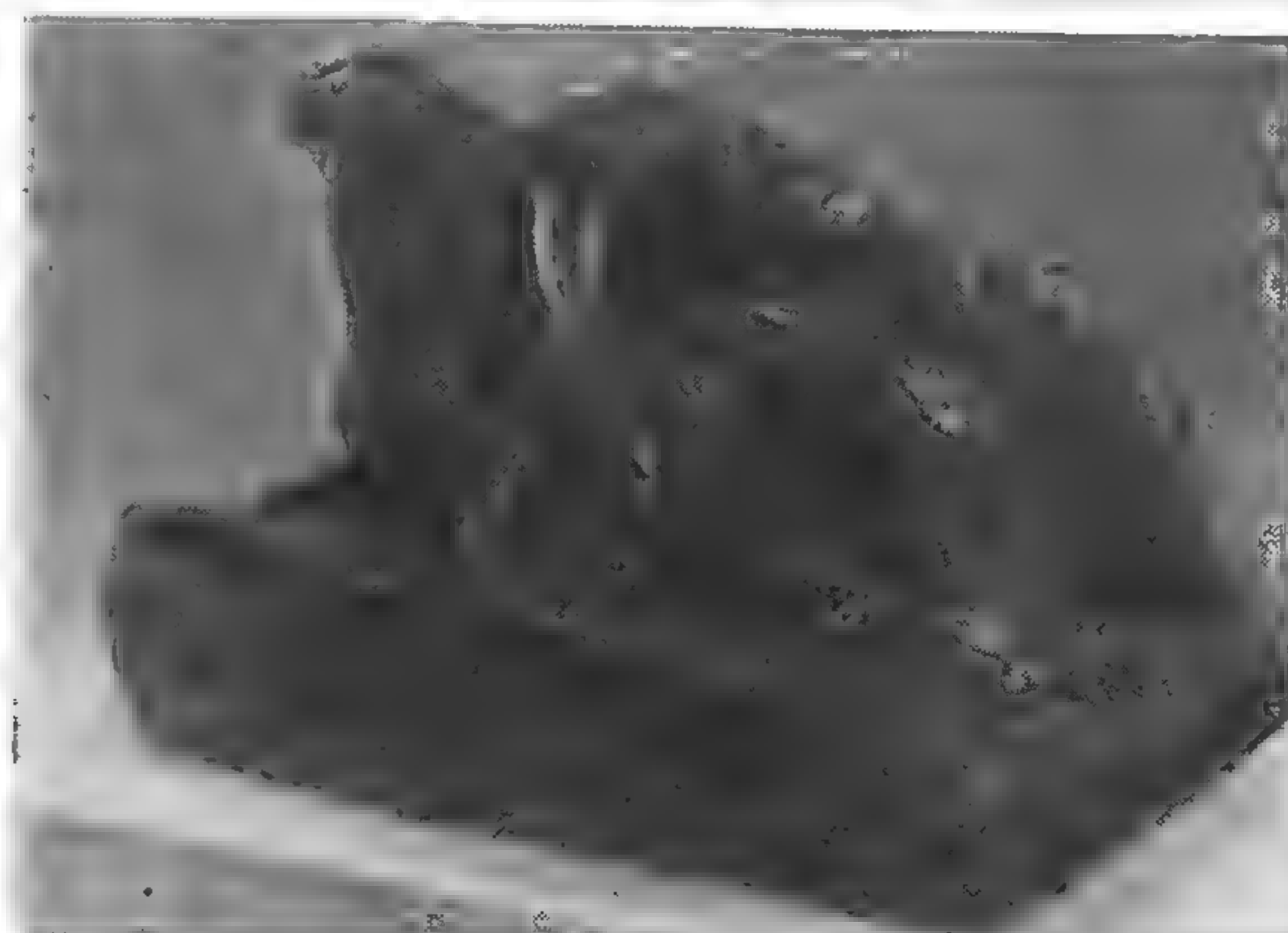
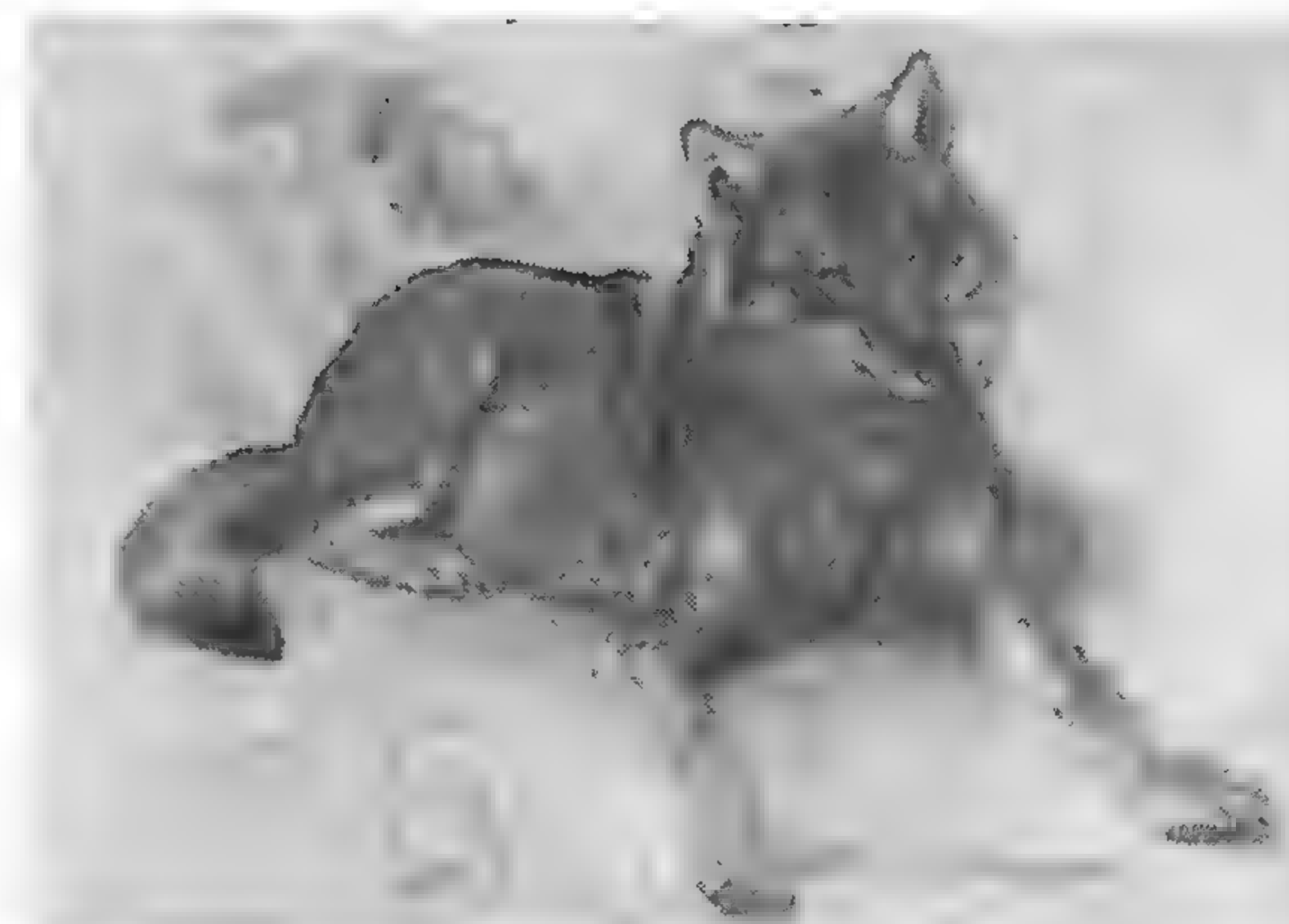
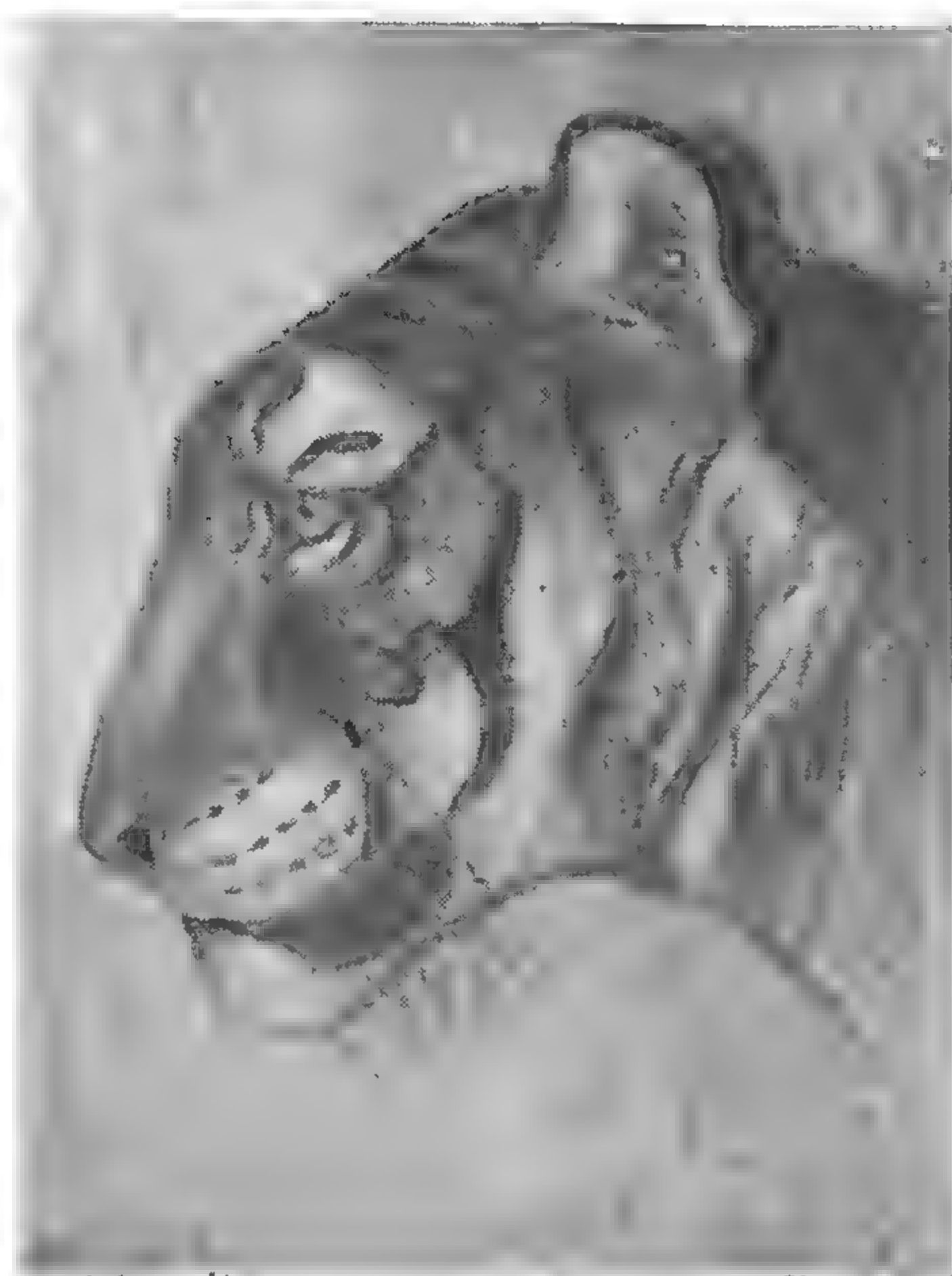
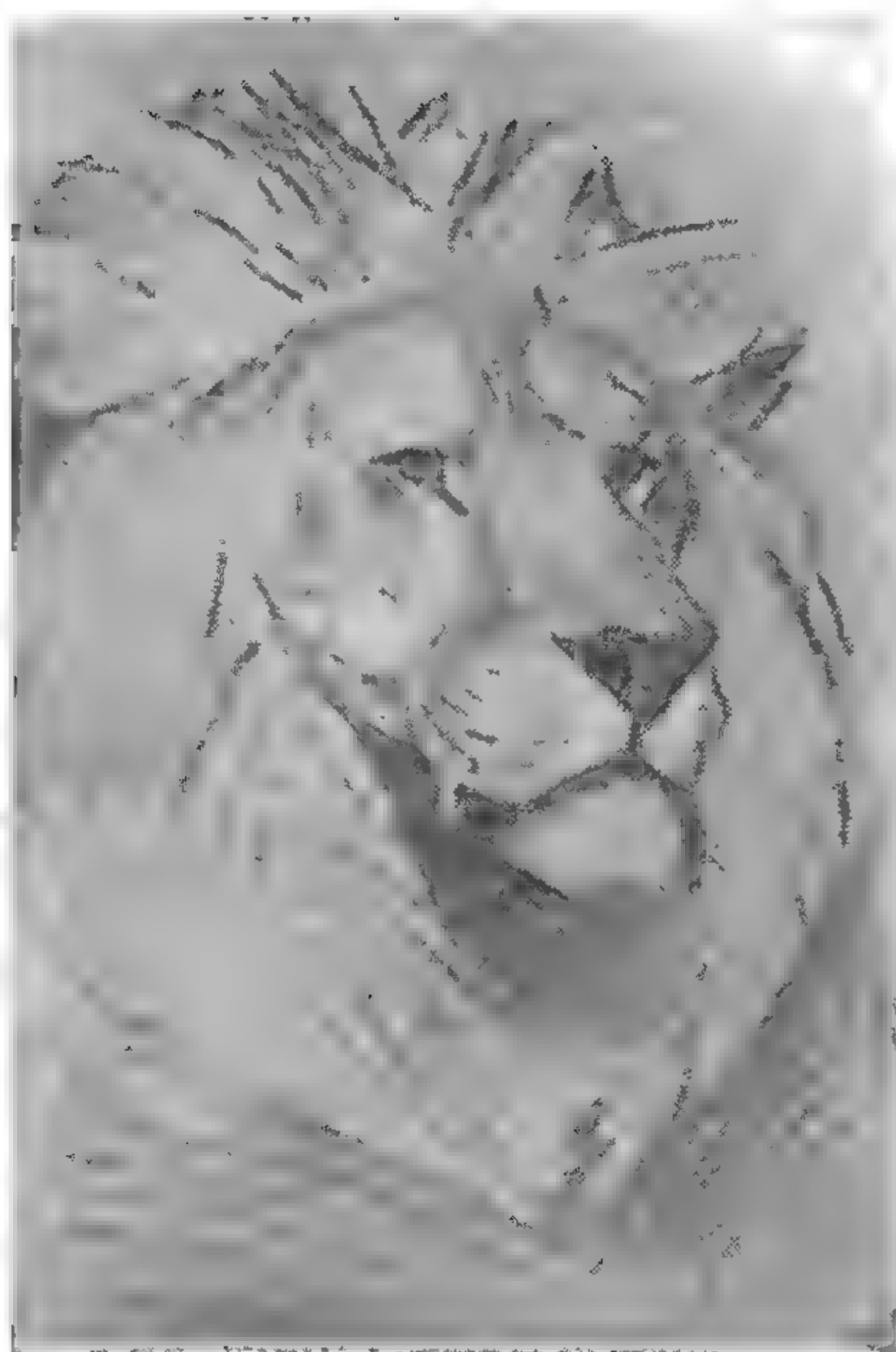
— Я люблю природу, прекрасный мир животных..., — говорит Василий Алексеевич Ватагин. И все его творчество пронизано этим чувством.

Талантливый скульптор, рисовальщик и вместе с тем естественный испытатель (он биолог по образованию), Василий Алексеевич за 60 лет творческой деятель-

ности создал богатейшую «портретную галерею» представителей мира животных.

Он иллюстрировал детские книжки, учебники, научные труды и энциклопедии; много лет работал для Зоологического музея МГУ, где можно увидеть созданные им панно и анималистические картины; по его рисункам выполнены рельефы, оформляющие вход





в Московский зоопарк. Важнейшее место в творчестве В. А. Ватагина занимает скульптура.

В журнале «Природа» В. А. Ватагин сотрудничает давно. По его рисункам наши читатели впервые познакомились с некоторыми редкими и экзотическими животными.

Знакомство с творчеством Василия Алексеевича почти у всех нас состоялось еще в детстве: когда-то мы подолгу разглядывали картинки в «Маугли» или других детских книжках. Своими рисунками, скульптурами, «портретами» животных, так убедительно передающими их характер, нравы, повадки, художник пробуждает и у ребенка, и у взрослого любовь ко всему живому. И в этом большое общественное значение творчества Василия Алексеевича.

В наше время, когда нередко осуществляются скороспелые непродуманные проекты «освоения» природных богатств, что ведет к вымиранию целых биологических видов, когда грубо нарушается Закон об охране природы, любовь к прекрасному миру животных, воспетому В. А. Ватагиным, поможет нам лучше сохранить этот мир, эти богатства.

Внимание нашего читателя невольно задержится на помещенных здесь photographиях с некоторых рисунков и скульптур

В. А. Ватагина. Вот, например, «портрет вельможи» — льва. Этому зверю, конечно же, не пришлось прятаться, озирается каждую секунду, опасаясь за свою жизнь. В спокойной позе отдыхающей волчицы чувствуется изумительная легкость и грация совершенного тела хищника, способного к мгновенной реакции. А вот перед нами морда тигра, этот зверь кажется скорее мрачным, чем свирепым. Своеобразный психологизм характеризует многие работы В. А. Ватагина, сочетающего эрудицию ученого с талантом художника. «Все они перед нами — и забавные, и смешные, и свирепые, и хрупкие — удивительный мир животных. Вы открыли мне настоящий путь в искусстве в изображении животных», — пишет доктор биологических наук К. К. Флеров, ученик Василия Алексеевича.

Выставка работ Василия Алексеевича Ватагина в связи с 60-летием его творческой деятельности показала, какой большой любовью и каким широким признанием пользуются его произведения. В сотнях записей в «Книге отзывов» прозвучала благодарность нашему старейшему замечательному художнику-анималисту, поэту «звериного царства».

П. А. Александров
Москва

УДК 006.4

Фото Л. Парамоновой

КАРТА ЮЖНОГО САХАЛИНА



Н. В. Рудановский

До середины прошлого столетия картографические материалы Южного и Среднего Сахалина отражали лишь положение береговой линии. Это относится и к карте Ж. Ф. Лаперуза, и к карте экспедиции И. Ф. Крузенштерна, составленной будущим первооткрывателем Антарктиды мичманом Ф. Ф. Беллинсгаузеном. Подробная карта этих районов впервые была составлена Н. В. Рудановским, одним из активнейших участников Амурской экспедиции 1850—1855 гг. Он родился 15 ноября 1819 г. Получив образование в I Штурманском полуэкипаже, произведенный в офицеры, Н. В. Рудановский первые годы самостоятельной деятельности посвятил гидрографическим работам. Затем он плавал на многих кораблях в Балтийском море, побывал почти во всех уголках его, испытал горечь кораблекрушений, приобрел большой опыт морской службы.

В начале 1851 г. лейтенант Рудановский подал рапорт о переводе на Дальний Восток. С первых же дней пребывания на Камчатке молодой офицер столкнулся с деятельностью

Амурской экспедиции. В это время было принято решение об организации специальной экспедиции на Южный Сахалин. Среди первых зимовщиков был и Н. В. Рудановский.

Уже через несколько дней после основания Муравьевского поста (ныне порт Корсакова) Рудановский отправился в первый поход по внутренним районам Сахалина. Поездка длилась с 6 по 26 октября. За это время он поднялся по р. Сусуя до широты $47^{\circ} 13'$ и описал эту реку. Наступление холода и трудности плавания вверх по реке вынудили его возвратиться. Однако этой поездкой было положено начало систематическим исследованиям Южного Сахалина. Между тем, в посту регулярно велись метеорологические наблюдения.

Несколько дней потребовалось Н. В. Рудановскому, чтобы собраться в следующую поездку, продолжавшуюся с 29 октября по 14 ноября. На этот раз он путешествовал по восточному берегу залива Анива. На шлюпке с гребцами и проводником-айном вышел Рудановский из Муравьевского поста. Ноче-

вали, как правило, в населенных пунктах, жители которых радушно встречали исследователя и его спутников. Во время этих посещений он записывал все, что наблюдал: жилища, обряды, внешний вид и язык айнов. В каждом селении проводился учет всех проживающих — своеобразная перепись населения.

В эту поездку Рудановскому удалось добраться почти до самого мыса Анива, описать и нанести на карту все побережье, вдоль которого он прошел.

В третью поездку, совершенную для осмотра восточного берега, Рудановский описал окрестности Муравьевского поста и сделал промеры глубин близлежащих бухт.

Четвертая, основная, экспедиция Рудановского проводилась по зимней дороге с 20 декабря по 18 января 1854 г. На этот раз с казаком Савватием Березкиным и проводником-айном Серипонку он проехал по рекам Сусуе, Такой и Найпу на берег Охотского моря. Затем по берегу он поднялся до 48° с. ш. и здесь от селения Мануя перевалил через хребет, у селения Кусунай выйдя на берег Татарского пролива, по которому проехал на юг, до селения Сирануси у мыса Крильон. На обратном пути путешественник снова перевалил через хребет и проехал по западному берегу залива Анива до Муравьевского поста.

Как всегда Рудановский производил метеорологические наблюдения, составлял карту и подробно описывал пройденный путь. В выборе маршрутов во многом помогали Рудановскому местные жители — айны. Так, в селении Найеро, недалеко от Ильинского поста, после беседы с айном Конокховани в дневнике Рудановского было отмечено: «Вечером, беседуя с ним, я написал список всех мысов и селений, идущих от Найеро до самого мыса Сирануси. После я увидел, что он очень верно мне продиктировал, так что я этим списком руководствовался и знал наперед сколько придется проходить до Такмака худых мысов, т. е. утесистых мысов, которые нужно объезжать через хребет»¹.

С особой тщательностью описывал Рудановский заливы Идунки, которые были хороши для стоянки морских судов². Рудановский дал им общее название залива Невельского и выделил из них две бухты — Такмака и Маока. Он составил подробные планы и подробно их описал. Теперь — это порты Холмск и Невельск.

Закончив длительное путешествие почти по всему Южному Сахалину, Руданов-

¹ Архив Внешней политики России, ф. 339, оп. 888, д. 389, л. 193.

² Они располагались на берегу Татарского пролива и поэтому интересовали и Невельского.



Праздник медведя на Сахалине. Рисунок В. Е. Поливанова (1854), участника экспедиции Л. М. Шренка



Айны на Сахалине

ский больше месяца занимался разбором собранных обширных материалов. Когда предварительная обработка была закончена, 23 февраля он отправился в пятую свою поездку. На этот раз предметом исследований послужил залив Мордвинова, лежащий на восточном побережье Сахалина. Осмотрев и положив его на карту, Рудановский хотел ехать дальше по Охотскому побережью, но жестокие северо-восточные ветры, дувшие в течение нескольких дней, помешали ему. Пришлось возвратиться в Муравьевский пост.

Снабженный пель-компасом, секстаном, искусственным горизонтом и термометрами, Н. В. Рудановский сумел провести обширную программу наблюдений. Из 250 дней, проведенных им на Сахалине, 140 он находился в экспедициях, разъездах по острову. За время зимовки исследователь прошел на собаках, катерах, байдарках и пешком свыше 600 верст, обследовал большие пространства между параллелями 46° и 48° с. ш.

Н. В. Рудановский буквально открыл для всего мира внутренние районы Южного Сахалина. Превосходно исполненное им описание своих путешествий, к сожалению, оставшееся неопубликованным¹, дополнено крайне интересной научной рукописью, озаглавленной «Замечания об южной части о-ва Сахалина и об туземцах». Рукопись состоит из нескольких частей. В первой

из них рассказывается о составлении карты Южного Сахалина, о способах гидрографических работ, основных результатах и т. д., — иными словами, как составлялась карта. Во второй части, озаглавленной «Об естественном виде южной части острова Сахалина, произведениях и животных» рассказывается о рельефе, полезных ископаемых, растительности и животном мире. Третья часть рукописи посвящена описанию залива Невельского. Это — первое навигационно-гидрографическое описание района, лотия части берега Южного Сахалина, расширенная специальными сведениями о торговле, этнографии, статистике. Наконец, в послед-

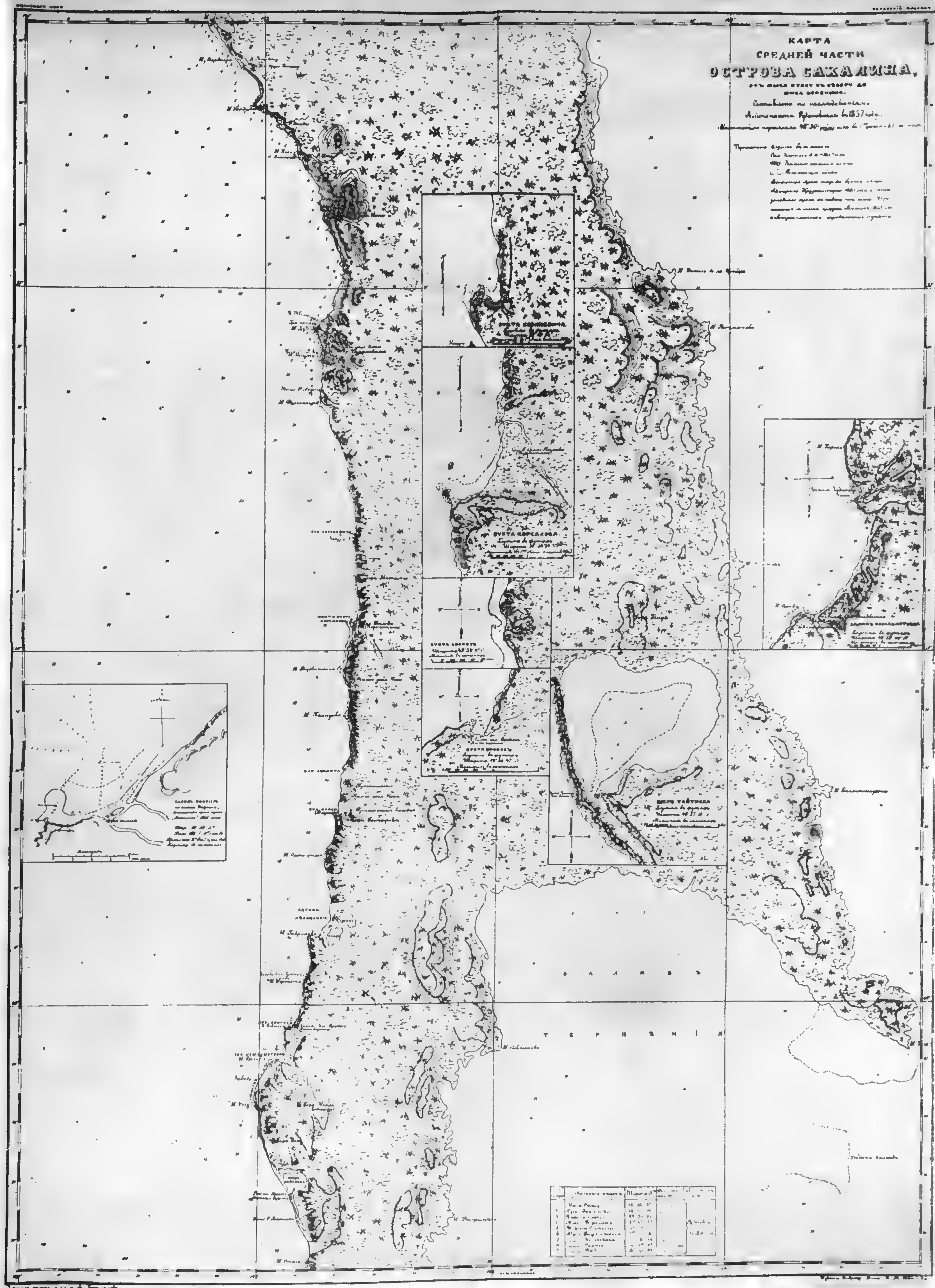
ней, четвертой части «О жителях на южной части острова Сахалина» живо и интересно описана жизнь айнов.

Замечательны первые в истории Сахалина систематические метеорологические наблюдения. Они велись с 1 октября 1853 г. по 29 мая 1854 г. Измерялась температура воздуха по Реомюру, сила и направление ветра, отмечалось состояние атмосферы. Наблюдения Рудановского вошли во многие последующие издания, например, в состав «Очерка физической географии Северо-Японского моря» Л. И. Шренка (1869), записки по гидрографии и метеорологии в «Руководство для плавания Татарским или Сахалинским проливом и устьем реки Амура», А. А. Халезова, Н. И. Шарыпова и В. Шенурина (1865). Наконец, по составленным Н. В. Рудановским картам и планам были отпечатаны в 1867 г. меркаторские карты средней и южной части Сахалина¹. Они основаны на 21 астрономическом определении, очень подробны, хорошо передают не только береговую черту, но также и строение рельефа внутренних частей острова. На картах 10 врезок — частных планов бухт, заливов, устьев рек, мест, удобных для якорных стоянок.

Биограф Г. И. Невельского, адмирал А. К. Сиденснер, отмечая заслуги Н. В. Рудановского, писал: «Не вдаваясь в подробности его пути следования, достаточно сказать, что приведенный в записках Невель-

¹ АВПР, ф. 339, оп. 888, д. 389, лл. 206—230.

¹ ЦГВИА, ф. ВУА, № 23398.



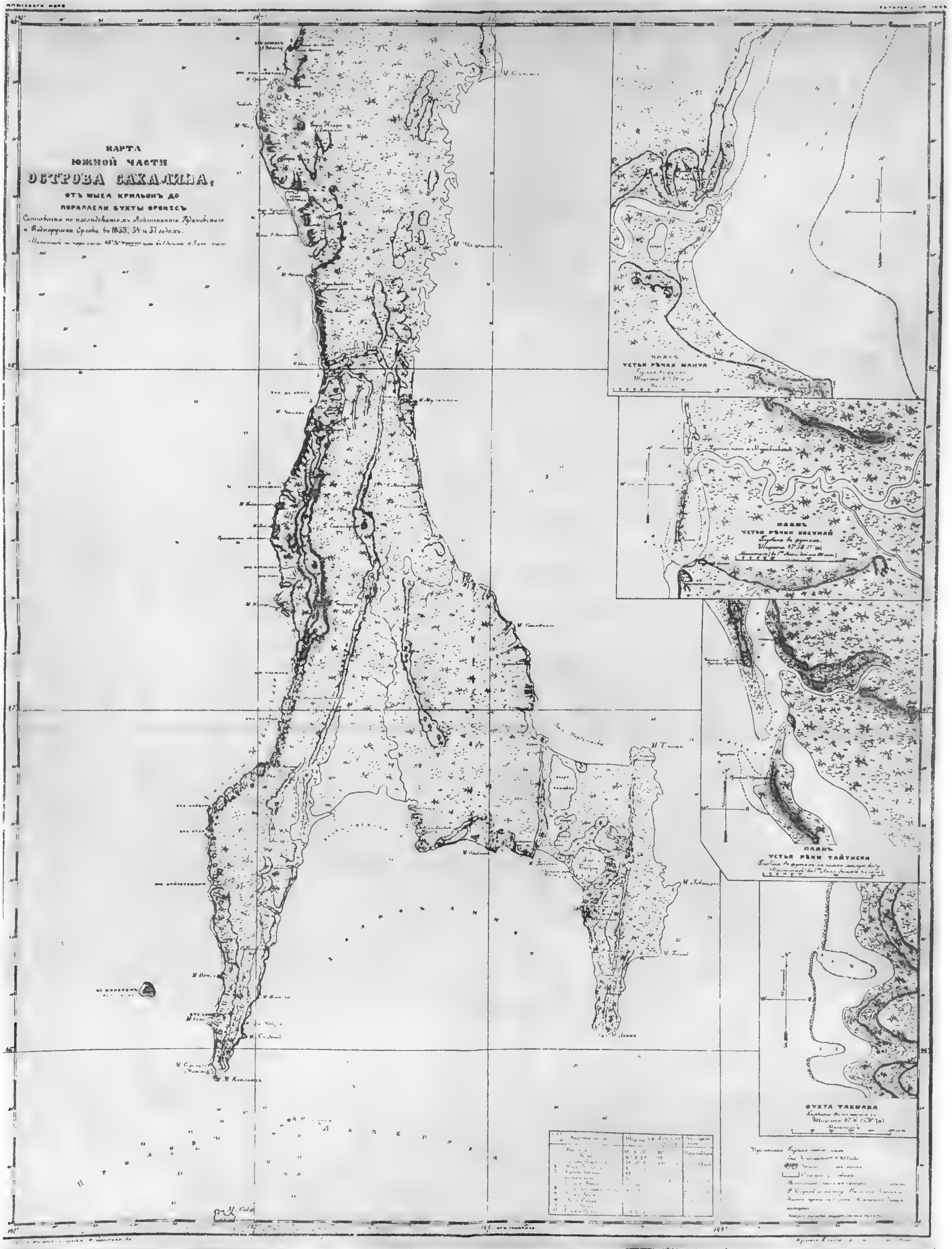
Карты Среднего и Южного (см. оборот) Сахалина, составленные Н. Р. Рудановским

КАРТА ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИНА,

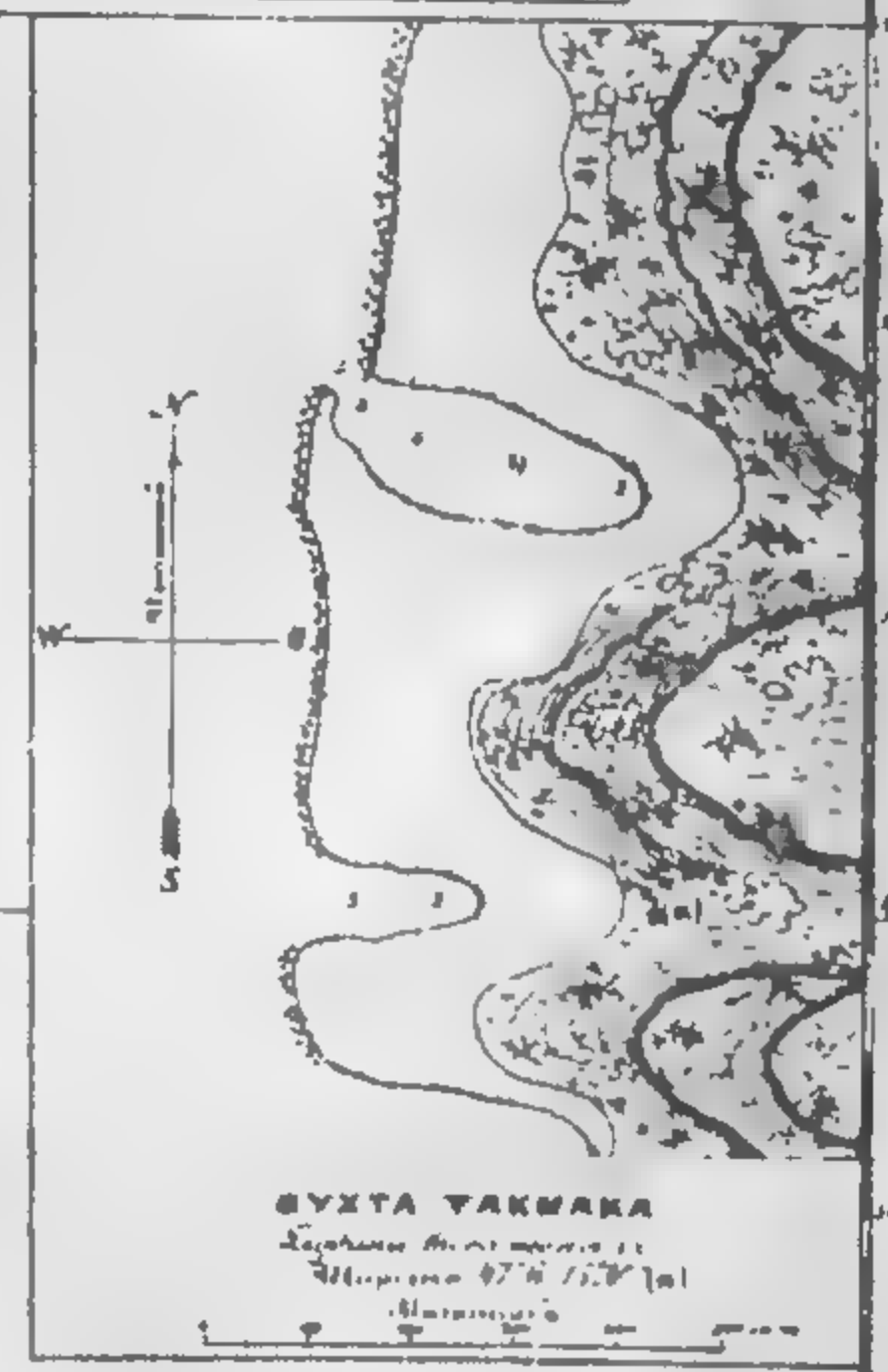
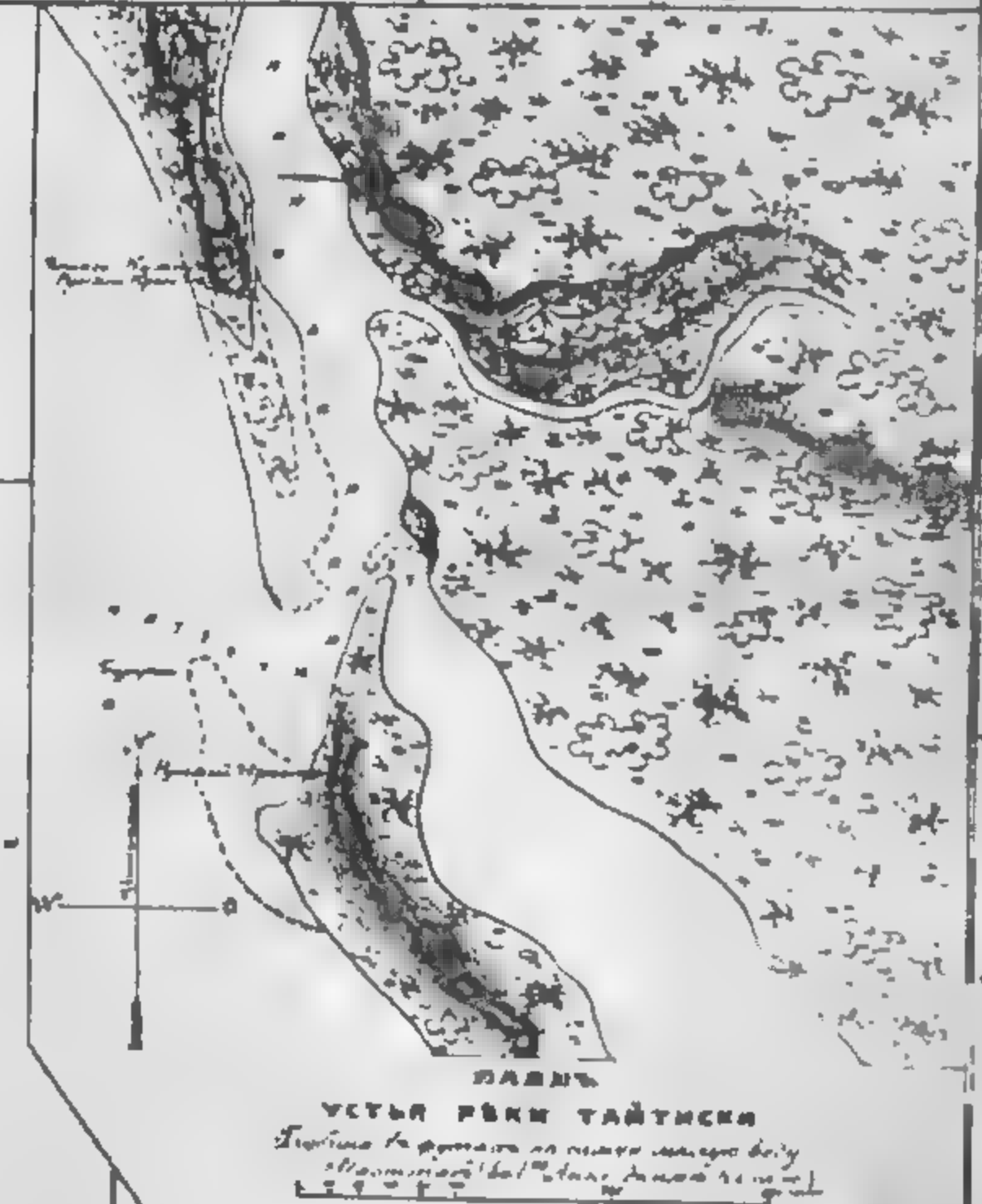
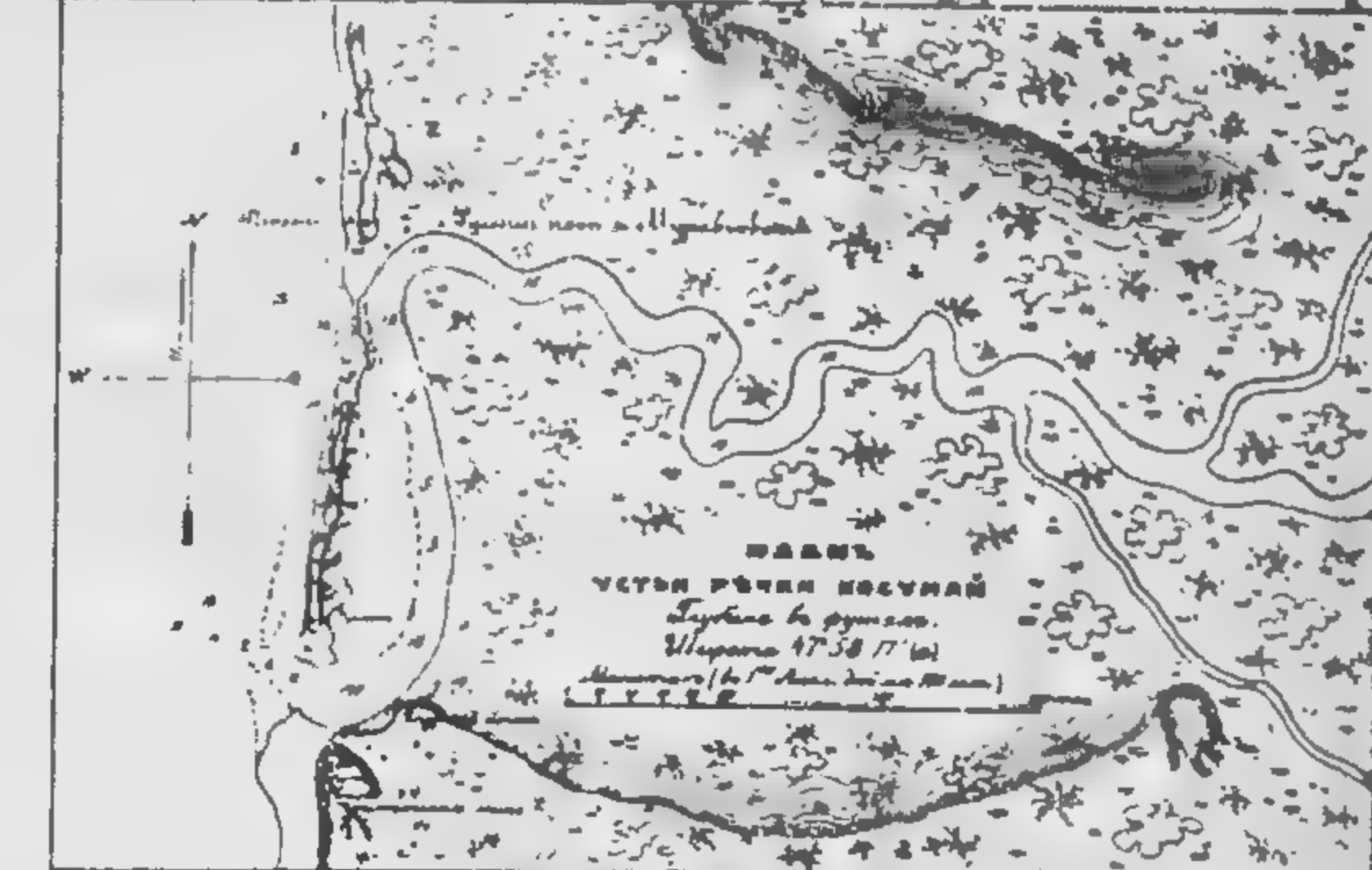
ОТЪ МЫСА КРИЛЬОНЪ ДО
ПОРЯДКА БУХТЫ ФРОНЕСЪ

Составлена по исследованиям лейтенанта Фронова и
А. И. Фронова в 1853, 54 и 57 годах.

Издание по плану 1857 года, составлено А. И. Фроновым.



ПРИЛОЖЕНИЕ
УСТЬЕ РѢКИ МАИРА
Высота 10 футов
Широта 41° 14' 30"

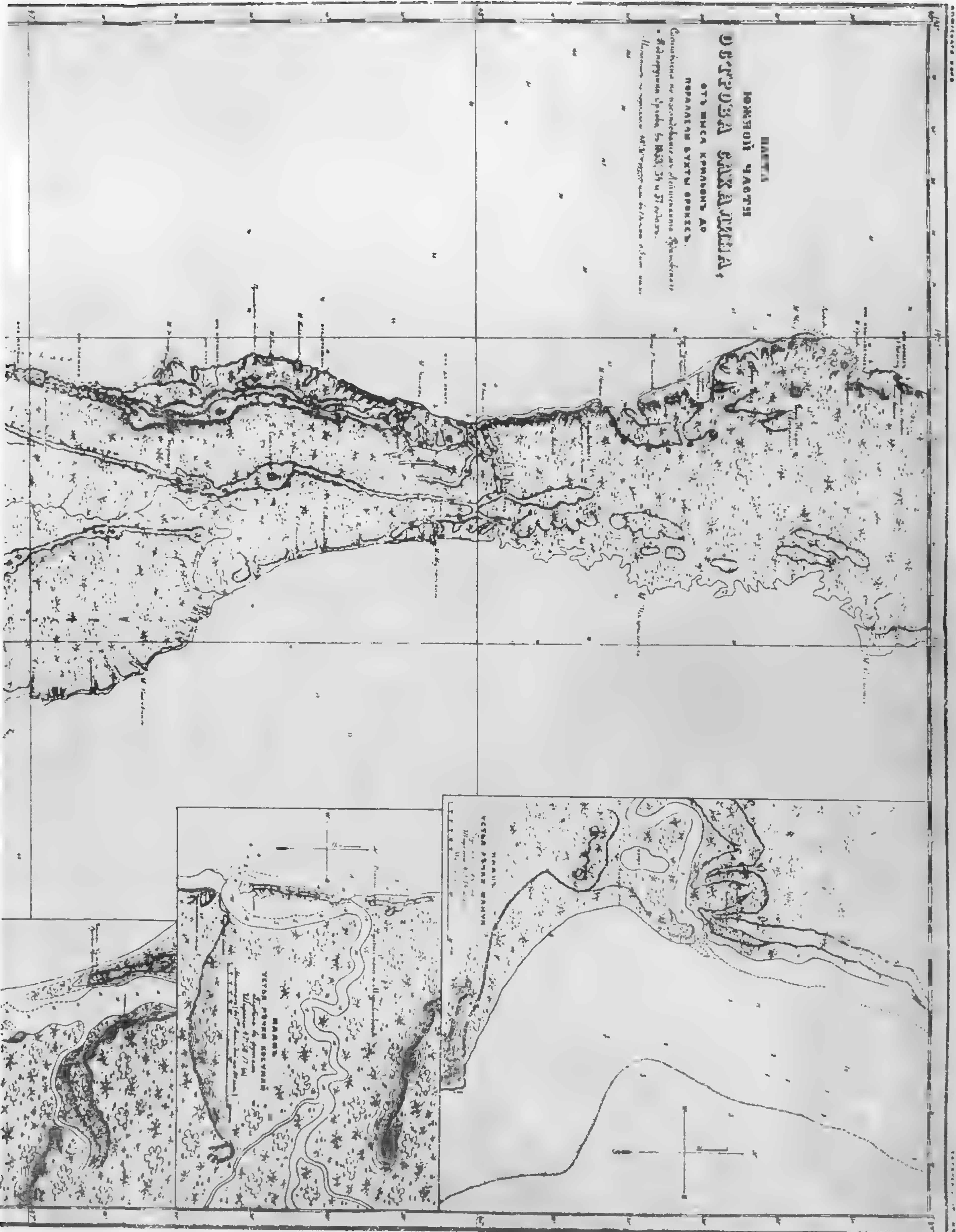


№	Наименование	Высота в футах	Широта	Долгота
1	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
2	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
3	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
4	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
5	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
6	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
7	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
8	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
9	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"
10	Гора Фронова	111	41° 14' 30"	142° 10' 00"

План выдан 1857 года
Лейтенант Фронов
А. И. Фронов

КАРТА ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОБЪЕЗДА БАХА-ЛИКА, ОТ МЫСА КРАСНОГО ДО ПЕРВОГО ВЪЕЗДА СПЕЦИА.

Составлена по результатам аэрофотосъемки, выполненной в 1938 году в период с 14 по 27 июля.
Измерения по карте: 44' 30" широты, 51' 30" долготы.



ского журнал работ Рудановского занимает двадцать страниц, заключающих в себе одни только ценные географические сведения, изложенные так обстоятельно, как если бы это был обработанный отчет хорошо составленной экспедиции»¹.

Н. В. Рудановский служил на Дальнем Востоке до 1858 г. До конца работ Амурской экспедиции он был в ее составе, плавал на шхуне «Восток» с командиром В. А. Римским-Корсаковым, занимался промерными работами в устье Амура. В 1856 г. он продолжил свои работы на Сахалине на этот раз в средней части острова. Туман не позволил высадить партию Рудановского в первый подход к намеченному месту. Лишь через несколько дней тендер «Камчадал» подошел к Сахалину и высадил Рудановского с 16 матросами у селения Нейеро. Обосновавшись в Кусунайском посту, Рудановский

в короткий срок описал западный берег Сахалина от 47° 19' до 59° 30' с. ш., открыл в этом районе три новых каменноугольных россыпи, названные Путятинскими, Воздвиженскими и Отасу.

Дальнейшая служба Рудановского проходила на Балтийском море. Ежегодно помимо жалования он получал 350 рублей «за отличные труды и усердие с особыми лишениями, сопряженными по устройству Приамурского края», назначенные ему в 1858 г.

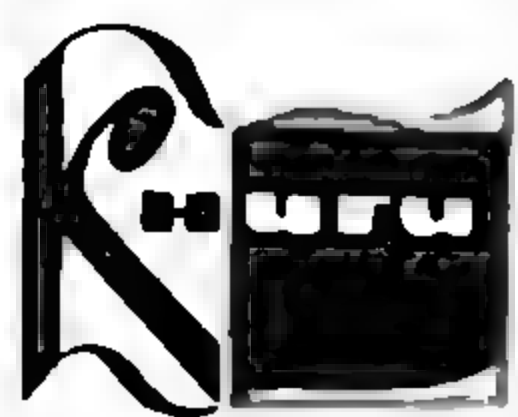
2 января 1882 г. после продолжительной и тяжелой болезни на 63 году жизни Н. В. Рудановский скончался. Имя замечательного исследователя и путешественника по Сахалину и Приамурью Николая Васильевича Рудановского заслуженно стоит в ряду пионеров освоения и исследования Дальнего Востока.

А. И. Алексеев
Кандидат географических наук

Москва

¹ См. А. К. Сиденкер. Адмирал Г. И. Невельский, Пг, 1914, стр. 100.

УДК 093.2



С. А. Джамалов, Р. А. Левкович,
В. В. Суетков

ТЕПЛО ЗЕМЛИ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Изд-во «Наука», 1965, 108 стр.,
ц. 51 коп.



В последнее время люди приблизились к проблеме широкого использования земного тепла. Во многих странах человек подчинил себе этот вестник жизни больших глубин нашей планеты. Тепло Земли обогревает различные помещения, дает возможность выращивать парниковые овощи в северных районах, оно мобилизовано на выработку электроэнергии. Не прекращающиеся изыскания приносят все новые сведения о тепловых аномалиях, порою охватывающих громадные территории. Выявить закономерности в размещении таких горячих участков, выяснить их происхождение и наметить пути использования тепла Земли — далеко не простая задача. Этим будет заниматься специальная геотермическая служба, которая формируется сейчас в нашей и некоторых других странах.

В Дагестанском филиале АН СССР уже много лет ведутся теоретические и экспериментальные

работы по изучению теплового режима земных недр. Располагая большим фактическим материалом, авторы подробно рассказывают о своих исследованиях и выявленных закономерностях изменения температуры на разных глубинах. В главе о практическом использовании тепла Земли приводится краткая характеристика водоносности различных пород и запасы термальных вод.

В книге обращено особое внимание на факторы, которые необходимо учитывать при расчете водоотдачи, рекомендуется метод прогноза ожидаемых температур на ближайших неразведанных глубинах. В последней главе выдвинуты конкретные предложения, как лучше использовать термальные воды в Махачкалинском районе, рассмотрено предложение Дагестанского филиала АН СССР о строительстве термоэлектростанции севернее Махачкалы, которая сможет наиболее полно использовать и тепло, и воды.

ЗЕМНАЯ МОДЕЛЬ КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕИ

Каждый день приносит нам все новые и новые поразительные факты освоения космоса. На очереди — подготовка к дальнейшим сложным полетам, посещение близких планет. В этом направлении работает исследовательская мысль ученых различных специальностей. Замечательно и то, что в нашей стране новаторские космические идеи занимают не только профессиональных ученых, но и добровольцев — пытливых экспериментаторов, энтузиастов новой, космической науки. Интересным примером в этом отношении может служить публикуемая работа инженера М. А. Мильхикера, по профессии биофизика, эксперименты которого получили одобрение ученых-космобиологов. Разумеется, кардинальное решение столь сложных и комплексных проблем по плечу лишь солидному научному коллективу.

Уже первые успехи в освоении космоса выдвинули проблемы полного обеспечения экипажа кислородом, питанием и водой. С еще большей остротой встает этот вопрос при подготовке к длительным космическим перелетам.

Суточная норма продуктов питания и воды на одного космонавта составляет около 3 кг, плюс кислород для дыхания, вес которого достигает около 1 кг. В месяц все это составит на каждого космонавта 120 кг, не считая необходимых запасов воды. Для длительной экспедиции на другие планеты эки-

пажу в составе 10 человек потребуются уже десятки и сотни тонн. Если брать с собой весь этот запас продуктов, то космический корабль превратится в склад продовольствия, цистерн с водой и жидким кислородом. Все это вызвало бы дополнительную затрату горючего, а конструкцию самого корабля пришлось бы усложнить.

Неизбежно встает вопрос об ином, более целесообразном обеспечении экспедиции кислородом, продовольствием и водой без излишней загрузки корабля.

Основоположник космонавтики К. Э. Циолковский предложил воссоздать на космическом корабле или спутнике подобие земных условий для выращивания растений, т. е. построить космическую оранжерею с культивацией некоторых особо плодовых наземных растений. О некоторых наших опытах в этом направлении хочется поделиться с читателями «Природы».

ПИТАТЕЛЬНЫЙ РАСТВОР

Высшие растения в космической оранжерее наиболее удобно выращивать по методу гидроаэрации, т. е. впрыскиванием питательного раствора и влаги вместе с воздухом в «почвенный»



Модель космической оранжереи на крыше жилого дома

субстрат. В связи с этим возникает вопрос, чем же и как питать растения космической оранжереи. Разумеется, брать с собой все необходимые соли и воду для приготовления питательного раствора при длительных космических полетах невыгодно. Во-первых, эти соли и необходимая для раствора вода будут много весить (особенно вода); во-вторых, приготовление питательного раствора потребует точного развешивания солей, что в состоянии невесомости будет затруднительно. Даже если взять с собой заранее развешенные соли, то при их растворении встретятся определенные трудности, связанные с состоянием невесомости. Целесообразнее поэтому в качестве питательного раствора употребить жидкие отходы человеческого организма (космонавтов), а твердые обрабатывать сжиганием. Это даст возможность создать на космическом корабле замкнутый биологический цикл. Воду для разведения можно будет также добывать из тех же ресурсов методом дистилляции и электроосмоса с использованием солнечной энергии (для этого нами разработано устройство).

У здорового человека состав выделяемой им жидкости меняется в определенных пределах в зависимости от характера и количества принимаемой пищи и питья, от температуры организма и окружающей среды, физиологических колебаний процессов метаболизма. За сутки здоровый человеческий организм выделяет в среднем 1000—1600 мл мочи. Приблизительно 95 % ее — вода, остальные 5 % — различные соли.

Проанализируем состав этих выделений с точки зрения содержания в них питательных элементов, необходимых для обеспечения нормального роста и развития растений, а также требований, которые предъявляются к питательному раствору. Как известно, первостепенное значение для растений имеет азот. В выделениях человеческого организма он содержится в форме сложных азотистых соединений, которые с успехом могут быть использованы в качестве источников азотного питания. Для составления питательных растворов используют реактив — мочевину как богатый источник азотного питания. Она, например, применяется при составлении питательных растворов в теплицах Московского нефтеперерабатывающего завода. Таким образом, экспериментально доказано, что мочевина, которая является одной из важнейших составных частей человеческих выделений, вполне может удовлетворить



Куст картофеля, выращенный в оранжерее в условиях замкнутого биологического цикла на почвенном субстрате из пенополиуретана

потребность растения в азоте и заменить собой реактив — мочевину.

Нами подсчитаны (в граммах) действующие начала элементов, содержащихся в [минеральных солях суточного количества (1500 мл) цельной мочи. В 2 л питательного раствора при среднем содержании элементов должно находиться следующее количество действующих начал: N—0,322 г; P—0,062 г; K — 0,858 г; Ca — 0,160 г; Mg — 0,048 г; при условии, что в питательный раствор будет добавлено 0,1 мл раствора микроэлементов: B, Fe, Mn, Zn, Cu, Co.

Рассмотрим, какое разведение мочи было бы оптимально по содержанию действующих начал для нормального роста и развития растений, какие элементы и в каких количествах необходимо будет добавить или отнять. Примем за основу таблицу, приводимую В. А. Чесноковым и др.¹

Исходя из данных этой таблицы, мы рассчитали, что в результате разведения водой суточного количества цельной мочи (1500 мл) в четыре раза (1 объем мочи + 3 объема воды) удастся получить концентрации, ко-

¹ См. В. А. Чесноков, Е. Н. Базырина, Т. М. Бушуева, Н. Л. Ильинская. Выращивание растений без почвы. Изд-во Ленинградского университета, 1960, стр. 53.

Количество минеральных элементов в применяемых питательных растворах (на 1000 л)

Количество элементов	Весовое содержание (в г)						N : P : K : Ca : Mg : S
	N	P	K	Ca	Mg	S	
Минимальное	56	12	59	12	12	29	1 : 0,2 : 1,1 : 0,2 : 0,2 : 0,5
Среднее	136	53	253	144	43	138	1 : 0,3 : 1,8 : 1,0 : 0,3 : 1,0
Максимальное	217	217	592	360	84	331	1 : 1,0 : 2,7 : 1,6 : 0,3 : 1,5

которые приближаются к количеству действующих начал в стандартных питательных растворах.

Но надо иметь в виду, что в этой жидкости содержатся ионы натрия и хлора, которые неблагоприятно действуют на рост и развитие растений. Удаление нежелательных ионов следует произвести с таким расчетом, чтобы не изменить содержания солей и не вызвать ее подкисления или подщелачивания. Этого можно достигнуть с помощью ионов серебра (что осуществлялось посредством специально разработанного нами устройства). Для нормального роста и развития растений к 2 л раствора следует добавлять по 0,1 мл раствора следующих микроэлементов, растворенных в 200 мл дистиллированной воды в составе солей: H_3BO_3 — 5,8 г; $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ — 3,8 г; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,4 г; $CuSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,4 г; кобальт — следы, железо в виде $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ — 44 г; серная кислота H_2SO_4 (концентрированная) — 1,8 г.

Таким образом, мы видим, что в длительном космическом полете для питания растений в космической оранжерее вполне можно будет использовать жидкие отходы человеческого организма, освободив их предварительно от ионов натрия и хлора и убив патогенную микрофлору ультрафиолетовым излучением Солнца.

ПОЧВЕННЫЙ СУБСТРАТ

Брать с собой в космос даже лучшие из используемых на Земле почвенных субстратов было бы бессмысленно: они имеют большой объем, много весят, а содержащиеся в них питательные вещества постепенно истощаются. В состоянии невесомости частицы такого почвенного субстрата под действием самого легкого толчка стали бы разлетаться и удержать их было бы невозможно.

Экспериментируя в 1915—1919 гг. над созданием космической оранжереи, Ф. А. Цандер¹ предлагал в качестве почвенного суб-

¹ См. Ф. А. Цандер. Проблема полета при помощи ракетных аппаратов. Оборонгиз, 1947.

страта употреблять древесный уголь, который в 3—4 раза легче любой почвы. Удобряя его отбросами человеческого организма, Ф. А. Цандер с успехом выращивал овощи. Но и древесный

уголь, несмотря на свою легкость, также мало пригоден в качестве субстрата для космической оранжереи. Угольные частички разлетались бы в виде пыли в ее атмосфере и, попадая в дыхательные пути космонавтов, вызвали бы крайне нежелательное раздражение.

Каким же требованиям должен удовлетворять почвенный субстрат космической оранжереи? Он должен быть легким, пористым, достаточно рыхлым и не должен быть токсичен для растений.

Всеми этими свойствами обладают пенопласты, в частности пенополиуретан. В своих экспериментах мы с успехом применяли его в качестве «почвенного» субстрата для выращивания растений (*Solanum tuberosum*, *Allium* L.) в течение двух вегетационных периодов, 1961 и 1962 гг.

Рассмотрим, какими физико-химическими и физиологическими свойствами обладает отечественный пенополиуретан марки ППУ-17.

Физические свойства: объемный вес — 0,026 г/см³; сжимаемость при нагрузке 500 г/см² — 85%; упругость — 96%.

Химические свойства. 10%-ный формалин и 10%-ная карболовая кислота при воздействии в течение часа на пенополиуретан не изменяют его свойств. В органических растворителях пенополиуретан не растворяется. В ацетоне он набухает, но после высыхания восстанавливает свои первоначальные свойства. В концентрированных щелочах растворяется. Получение и физико-химические свойства пенополиуретанов достаточно подробно описаны¹.

Физиологические свойства. Как установлено многочисленными исследованиями в Советском Союзе и за рубежом, пенополиуретан совершенно безвреден для человека. Наши эксперименты также показали полную

¹ См. В. А. Dombrow, Reinhold plastics, applications series, Polyurethanes, Reinhold publishing corporation, New York, 1957.

его безвредность и в отношении растительных организмов. Пенополиуретан хорошо и равномерно поглощает воду и питательные вещества, растворенные в ней, и удерживает их. Он полностью стерилен: на нем не развиваются ни бактерии, ни плесневые грибы, посаженные в него семена не загнивают. Растения растут и развиваются лучше, чем на почве или другом искусственном «почвенном» субстрате, так как в пенопласте много пор, наполненных воздухом, в связи с чем корни растения лучше аэрируются. Урожай корней и клубнеплодов легко убирать, раздвигая пенополиуретановый «почвенный» субстрат.

Как же мы представляем себе создание искусственного «почвенного» субстрата в космической оранжерее с использованием пенопласта? Из мелкопористого (0,3—0,4 мм) пенополиуретана при толщине листа в 15 мм нарезаются ленты шириной в 20 мм и нужной длины (в зависимости от длины космической оранжереи). Из этих лент путем клетчатого переплетения и склейки концов изготавливаются маты. Они натягиваются на раму из пластмассовых гибких труб, которые надуваются. В толщу пенопласта должны быть заложены трубки оросительной и питающей системы, через которые впрыскивается влага, воздух и питательные вещества; в субстрат закладываются электроды из цинковой фольги для создания электрического поля с целью повышения урожайности (по И. Н. Лутковой)¹. В этих же целях мы предлагаем ввести в пенопласт мелкие магнитные опилки, специально ориентированные при его изготовлении, для создания постоянного магнитного поля. Так готовится «почвенный» субстрат в виде пластины с двусторонней полезной посадочной площадью. Такое устройство весьма удобно для космической оранжереи; при небольшом весе и большом объеме оно будет обладать хорошей пористостью, вполне обеспечивающей аэрацию и корнеобразование, подачу питательного раствора и его удержание. В состоянии невесомости такой «почвенный» субстрат не будет разлетаться, в него, раздвигая переплетения, удобно высаживать растения.

¹ См. И. Н. Луткова. Бюллетень Центральной генетической лаборатории им. И. В. Мичурина, вып. 5—6, Мичуринск, 1958, стр. 89—93.

Этот «почвенный» субстрат может быть изготовлен на Земле и транспортироваться в виде временной внутренней обшивки кабины космического корабля. Можно также предложить транспортировать пенополиуретан в космос в виде исходных компонентов, а там, смешивая их, готовить ленты для «почвенного» субстрата. Еще лучше было бы, если бы химикам удалось разработать методику получения пенополиуретана из человеческой мочи: она содержит основные химические элементы, из которых состоит молекула данной пластмассы. Тогда отпала бы необходимость транспортировки матов из пенополиуретана в космос.

Можно было бы также предложить «почвенный» субстрат в виде четырех плоскостей, расположенных под прямыми углами, в виде коробки или цилиндра. В этом случае посадочная площадь увеличилась бы, так как на наружных плоскостях можно высаживать высшие растения, а на внутренних, темных, — грибы. Проводя «почвенный» субстрат во вращение при помощи электромотора, можно добиться смены освещения растений солнечным светом, равномерно охватывая все ярусы листы.

Все эти данные практически проверены и подтверждены нашим опытом. На крыше дома нами была создана своеобразная лаборатория — вегетационный домик, представляющий собой модель космической оранжереи для выращивания на корабле овощей.

Под прозрачным откидывающимся колпаком из пластмассовой пленки в оранжерее методом гидроаэрации на искусственной пенопластовой почве мы выращивали картофель и лук. Источником питательных веществ и влаги служили жидкие отходы человеческого организма, а почвенным субстратом — пенополиуретан. Регулярно велись наблюдения за растениями, учитывались космическая радиация, температура воздуха, давление, облачность, освещенность, влажность, рост и развитие растений, потребление и необходимость в питательных веществах. Земная модель космической оранжереи в течение двух лет давала урожай овощей, своим качеством не уступавших продукции колхозных полей.

М. А. М и л ь х и к е р
Черновцы

УДК 629.198.5

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «ПРИРОДА» ПРОДОЛЖАЕТСЯ

РЕЛЯТИВИСТСКИЙ «ПРИБЛИЗИТЕЛЬ» ИЛИ... «УДАЛИТЕЛЬ»

Читатель Б. М. Бельский (Москва) прислал в редакцию письмо с проектом аппарата, который назвал «релятивистским фотоприближителем». Суть его предложения заключается в том, что, используя релятивистский эффект сокращения расстояний для наблюдателя, движущегося со скоростью, близкой к скорости света, можно получать на светочувствительной пластинке (или в слое быстро движущихся светочувствительных частиц) изображения отдаленных объектов как более близких. Редакция обратилась к проф. С. М. Рытову с вопросом, насколько теоретически обоснован проект Б. М. Бельского, независимо от возможности его технического осуществления. Ответ С. М. Рытова будет полезен не только автору проекта, но и многим интересующимся этими вопросами читателям. Приведенные в ответе расчеты не содержат никаких математических операций, которые не вошли бы в обычный курс средней школы.

Пусть объектом наблюдения будет диск радиуса a и пусть телескоп 1 неподвижен относительно диска, а телескоп 2 движется к диску со скоростью v . В си-

стеме отсчета K_0 , связанной с телескопом 1, расстояние до диска равно l_0 , так что 1 видит радиус диска под углом φ_0 таким, что $\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{a}{l_0}$. Спрашивается, под каким углом φ будет виден радиус диска в телескоп 2 в тот момент, когда он поравняется с телескопом 1, как это изображено на рис. 1.

Можно сразу написать ответ, воспользовавшись релятивистской формулой абберации, связывающей угол прихода луча φ_0 в системе K_0 с искомым углом прихода φ в системе K . Эта формула, учитывающая, конечно, и лоренцово сокращение, гласит, что

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - \beta^2} \sin \varphi_0}{\cos \varphi_0 + \beta}, \quad (1)$$

где, как обычно, $\beta = \frac{v}{c}$ (c — скорость света в вакууме). Из (1) видно, что при $\beta > 0$ (сближение телескопа и диска) угол φ всегда меньше φ_0 . Он лежит между $\varphi = \varphi_0$, когда $\beta = 0$ (т. е. телескоп 2 стоит неподвижно рядом с 1) и $\varphi = 0$, когда $\beta = 1$ (т. е. телескоп 2 движется к диску со скоростью света).

Разумеется, этот результат находится в полном согласии с тем, что я писал в своей статье

в журнале «Природа»¹, а именно, что разбросанные по небосводу точечные источники (звезды) стягиваются перед релятивистским наблюдателем и раздвигаются позади него. Ясно, что экранирование диском каких-то определенных звезд сохраняется при любой скорости наблюдателя v . Отсюда же следует, что для увеличения φ по сравнению с φ_0 наблюдатель K должен лететь не к диску, а от него. В этом случае, изменив знак β в (1), получаем:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - \beta^2} \sin \varphi_0}{\cos \varphi_0 - \beta}. \quad (2)$$

При $\beta = \cos \varphi_0$ (для малых φ_0 это означает, что β близко к 1) имеем теперь $\operatorname{tg} \varphi = \infty$ и $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

Изложенные выводы, вытекающие из готовой формулы, вероятно, оставляют некоторую неудовлетворенность, и остается потребность более наглядно представить себе «механику» этих абберационных искажений. Это можно сделать следующим образом.

Перейдем в систему отсчета K , в которой телескоп 2 неподвижен, а телескоп 1 и диск летят навстречу со скоростью v . Под каким углом φ мы увидим диск в момент $t = 0$, когда телескоп 1 поравнялся с нами (рис. 2)?

Из-за конечных размеров диска свет от его краев запаздывает больше, чем от его центра. В мо-

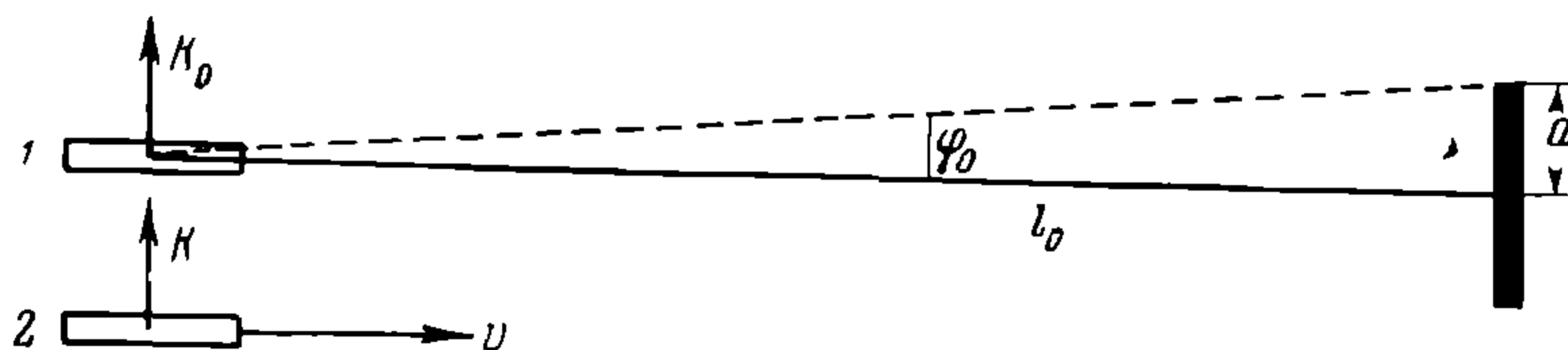


Рис. 1

¹ См. «Природа», 1960, № 4, стр. 64—70.

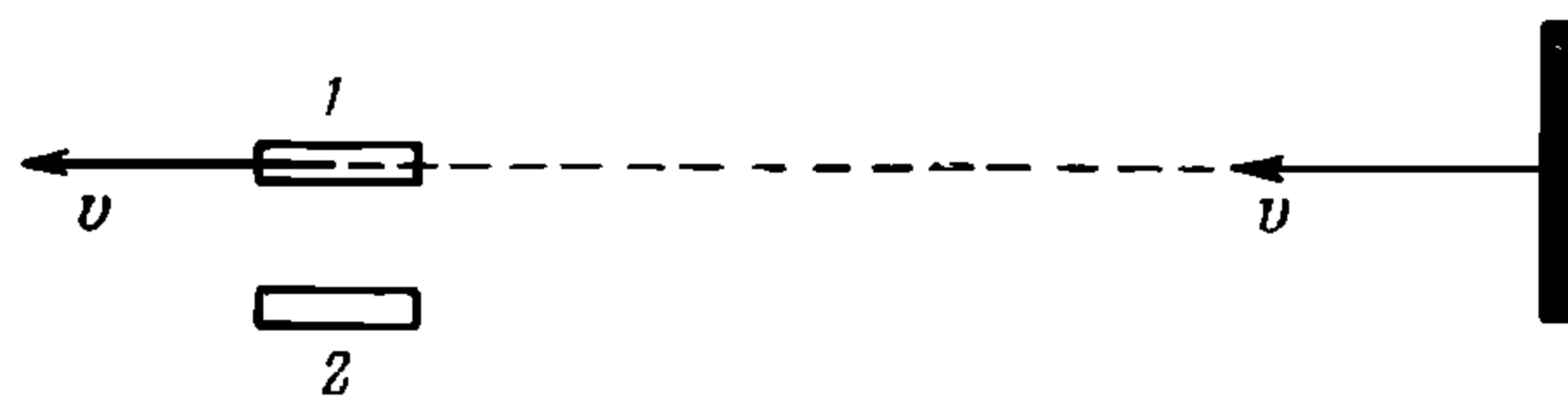


Рис. 2

мент $t = 0$ до нас дойдет свет, испущенный центром диска в момент $t = -\frac{L}{c}$ (рис. 3), а краями диска — в более ранний момент $t = -\left(\frac{L}{c} + \theta\right)$, когда диск находился на расстоянии $L + v\theta$. За время $\frac{L}{c} + \theta$ свет от края диска должен пробежать гипотенузу треугольника, как показано на рис. 3, т. е.

$$\frac{1}{c} \sqrt{(L + v\theta)^2 + a^2} = \frac{L}{c} + \theta.$$

Найдя из этого уравнения θ , получаем

$$v\theta = \frac{\beta}{1 - \beta^2} \left\{ \sqrt{L^2(1 - \beta^2) + a^2(1 - \beta^2)} - L(1 - \beta) \right\}.$$

Следовательно,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{L + v\theta} = \frac{(1 - \beta)a}{L + \beta \sqrt{L^2 + \frac{1 + \beta}{1 - \beta} a^2}}. \quad (3)$$

Чем дальше точка диска от его центра, тем больше она «завалена» назад (тем больше для нее $v\theta$); плоский диск будет казаться выпуклым и будет виден под углом, меньшим, чем диск, стоящий неподвижно на расстоянии L .

Теперь надо связать L с измеренным в системе K_0 расстоянием l_0 между диском и телескопом 1. На первый взгляд может показаться, что дело сводится к лоренцову сокращению (видимо, так думает Б. М. Бельский), т. е. $L = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$. Но это неверно. Величина $l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$ — это измеренное в нашей нынешней системе K расстояние между телескопом 1 и диском. В момент $t = 0$, когда оба телескопа находятся в одном и том же месте, l есть также расстояние от телескопа 2 до диска. Но $l \neq L$, так как через L мы обозначили расстояние в момент $t = 0$ не до диска, а до «точки излу-

чения», т. е. до той точки, где центр диска излучил световую волну, дошедшую до телескопа 2 в момент

$t = 0$. «Точка излучения» удалена от 2 на l плюс отрезок, пройденный диском за время $\frac{L}{c}$ и равный $\frac{L}{c} v = \beta L$.

Таким образом (рис. 4), $L = l + \beta L$, откуда

$$L = \frac{l}{1 - \beta} = \frac{l_0 \sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta} = l_0 \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}.$$

Таков совместный эффект лоренцова сокращения и аберрации.

Подставив полученное значение L в формулу (3) и вспоминая, что $\frac{a}{l_0} = \operatorname{tg} \varphi_0$, получаем снова формулу (1). Таким образом формула (1), как это и было уже отмечено выше, учитывает как запаздывание света, так и лоренцово сокращение, т. е. дает результирующий релятивистский абберационный эффект.

Нетрудно сообразить, как изменятся все описанные явления, если телескоп 2 и диск удаляются друг от друга. Достаточно во всех формулах и при всех рассуждениях изменить знак скорости v , т. е. знак β . Диск будет казаться не выпуклым и уменьшенным, а вогнутым и увеличенным. В момент $t = 0$ до нас дойдет свет, испущенный центром диска в момент $t = -\frac{L}{c}$, а его краями — в

более ранний момент $t =$

$$= -\left(\frac{L}{c} + \theta\right),$$

когда диск был ближе к нам (находился на расстоянии $L - v\theta$). Точка излучения теперь будет тоже ближе к

нам, чем фактическое положение диска в момент $t = 0$, а именно $L = l - \beta L$. Как сказано, все сводится к изменению знака β .

Какова же должна быть скорость удаления, например, от Марса, если его угловой размер с Земли (т. е. практически для неподвижного наблюдателя) составляет, скажем, $10''$, а мы хотим увидеть его под углом $30'$, под которым видим Луну. Это скромное угловое увеличение всего в 180 раз, легко даваемое малым телескопом.

Ввиду малости углов $\varphi_0 = 10''$ и $\varphi = 30'$ можно положить в формуле (2) $\sin \varphi_0 = \varphi_0$; $\cos \varphi_0 = 1$; $\operatorname{tg} \varphi = \varphi$. И формула примет тогда вид

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} = 180.$$

Нетрудно подсчитать, что β должно быть для этого меньше единицы всего на $7 \cdot 10^{-5}$, т. е. движущийся телескоп должен удаляться от Марса лишь на 21 км/сек медленнее, чем свет.

Здесь уместно все же вспомнить и о других релятивистских эффектах, влияющих на изображение. Во-первых, это эффект Доплера, из-за которого наблюдаемые световые частицы уменьшаются при указанной скорости в то же число раз (в 180 раз). В диапазон видимого света (длины волн от 4000 до 8000 Å) попадут испускаемые Марсом... мягкие рентгеновские лучи (волны от 22 до 44 Å). Плохо то, что интенсивность излучения Марса (и Солнца,

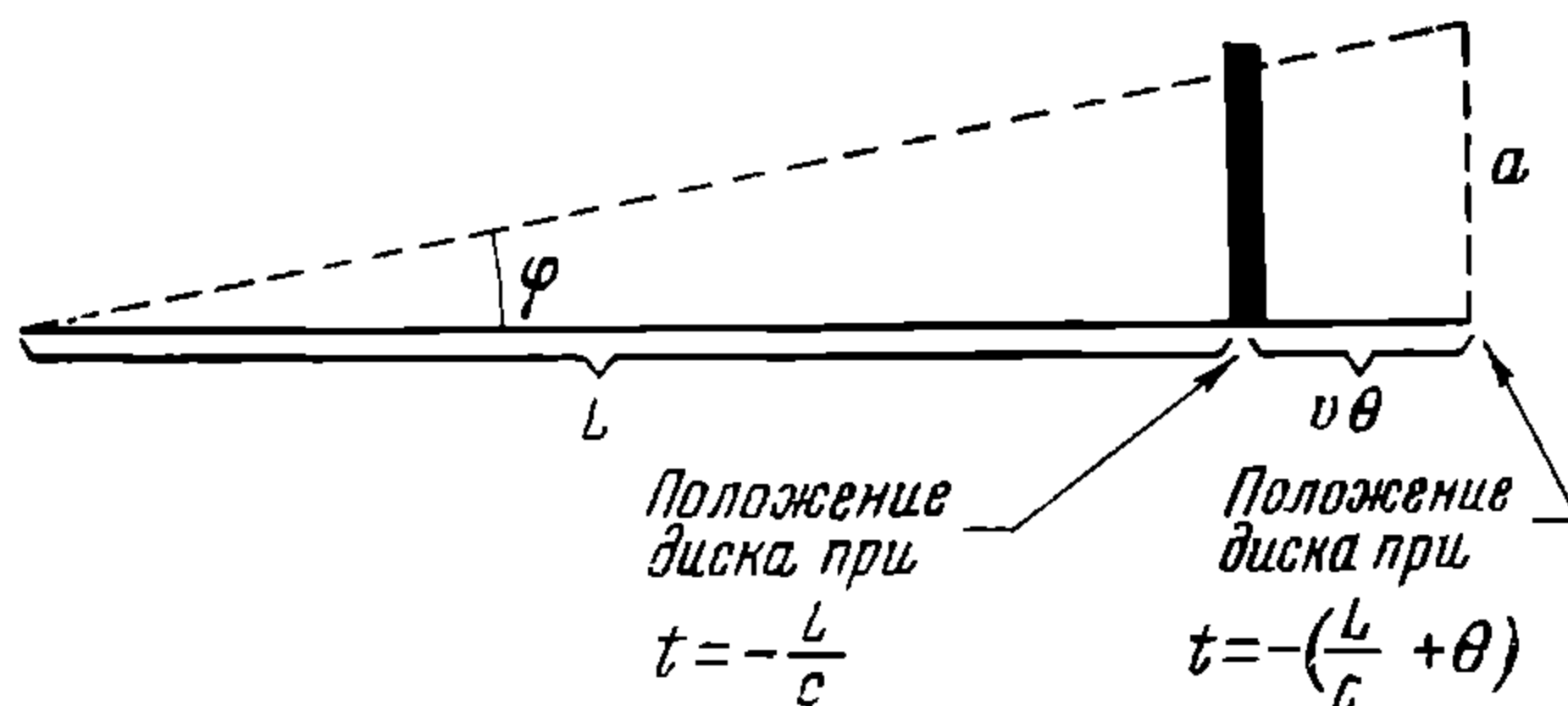


Рис. 3

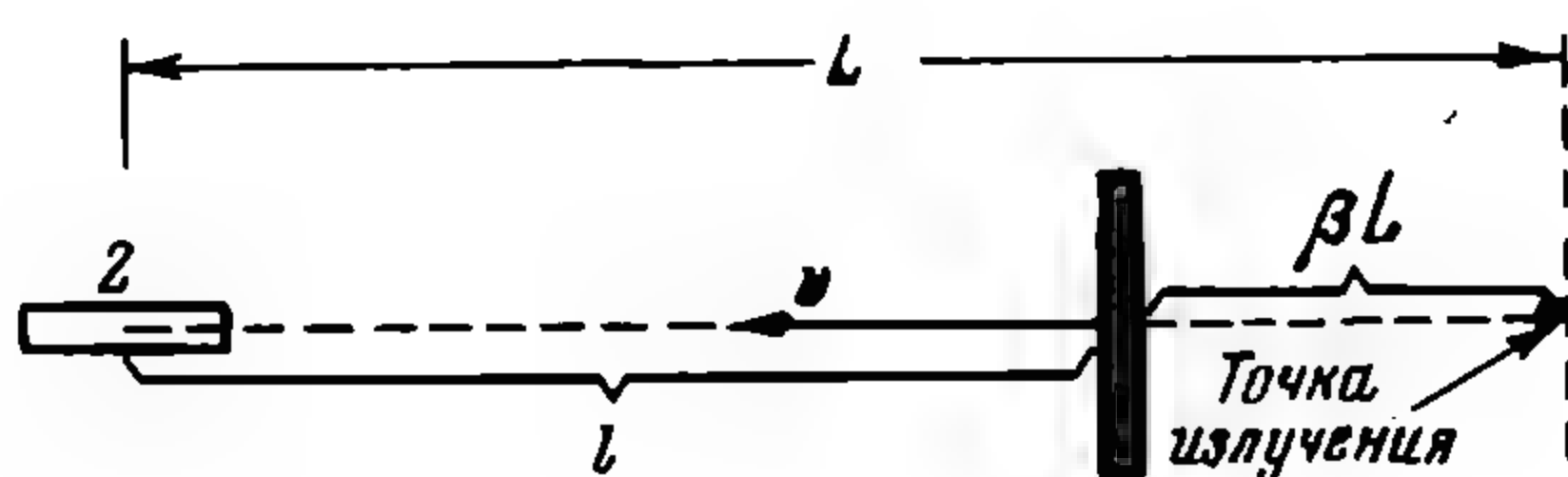


Рис. 4

свет которого отражается от Марса) в этом диапазоне чрезвычайно мала по сравнению с интенсивностью видимого света. Но и это еще не все. Если бы даже интенсивность рентгеновского излучения для покоящегося наблюдателя была вполне достаточной, то для движущегося (удаляющегося) наблюдателя она резко упадет. Это второй эффект, связанный с релятивистским преобразованием потока энергии излучения.

Расчет, который ввиду его большой сложности я опускаю, показывает, что отношение полных энергий, поступающих от

диска Марса в объективы (разумеется, одинаковые) удаляющегося и покоящегося телескопов, равно при небольших угловых размерах объекта

$$\frac{(1 - \beta)^2}{1 + \beta} \approx 2 \left(\frac{1 - \beta}{1 + \beta} \right)^2,$$

так как $1 + \beta \approx 2$. Следовательно, в нашем примере, когда

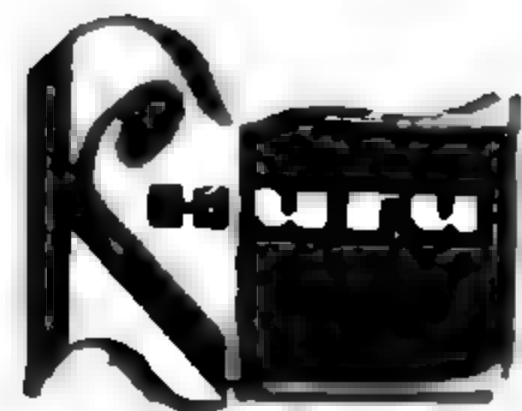
$$\sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} = 180,$$

получается, что в удаляющийся телескоп будет попадать примерно в $5 \cdot 10^8$ раз меньше энергии, чем в неподвижный... Очевидно, что это далеко не лучший способ получать даже столь небольшое увеличение.

Для телескопа, приближающегося к Марсу с той же скоростью, последний будет виден в далеких инфракрасных волнах, длиной около 0,1 мкм, интенсивность которых возрастет в $5 \cdot 10^8$ раз,

зато угловой размер планеты составит вместо $10''$ всего около $0'',05$.

В заключение я хотел бы сделать общее замечание. Авторы письма в редакцию поражают то, что приближение объекта придуманным им способом до сих пор не было никем предложено, хотя в нем использованы лишь самые общепризнанные положения специальной теории относительности. Очевидно, «общепризнанных положений» для этого недостаточно. Для плодотворного применения любой теории в практических целях надо хорошо знать эту теорию. Если физики, обладающие такими основательными знаниями, не выдвигали подобных проектов, то этому не приходится удивляться. Проекты же, родившиеся в результате ознакомления только с «общепризнанными положениями», вероятно, столь же многочисленны, сколь и недолговечны.



В. В. Ламакин

ПО БЕРЕГАМ И ОСТРОВАМ БАЙКАЛА

Изд-во «Наука», 1965, 190 стр., ц. 32 коп.

В последнее время Байкал привлек внимание широкой общественности. Поэтому каждая новая книга, рассказывающая о природе озера, особенностях населяющей его фауны, происхождении, развитии, охране его природы, встречается читателями с большим интересом.

Биография В. В. Ламакина тесно сплелась с изучением Байкала. Последнее во многом определило форму изложения читатель становится как бы участником многочисленных маршрутов по байкальским берегам и ему передается романтическая



увлеченность ученого исследовательской работой.

Новая книга углубляет и развивает предыдущие популярные издания автора о Байкале. В ней говорится об особенностях озера, связанных с чрезвычайно сильной подвижностью земной коры в этом районе, рассказывается о результатах наблюдений и сделанных открытиях. «Байкаль-

ская впадина, — пишет В. В. Ламакин, — является по существу отражением на земной поверхности глубинных движений, происходящих в верхнем слое мантии. Развитие глубинного разлома в виде огромного подкорового рва, начавшееся в глубокой геологической древности, в протерозое, служит причиной образования на земной поверхности сравнительно молодой и небольшой впадины» (стр. 184). В результате сопоставления засечек, сделанных на обрывистых берегах еще И. Д. Черским, с современным уровнем воды, а также данных разновременных геодезических нивелировок, обоснован вывод о микропульсациях берегов озера; высказано предположение об их связи с лунно-солнечными приливными силами. С особым интересом читается глава об Ушканьих островах, районе необычайно характерном для всего Байкала как по сильной тектонической подвижности дна озера, его берегов и окружающих гор, так и по скорости видообразования населяющих Байкал и его берега организмов.

Н. Б. Семихатова
Москва



ВАЖНЕЙШИЙ МЕТОД КИБЕРНЕТИКИ

И. Б. Новик

О МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ (ФИЛОСОФСКИЙ ОЧЕРК)

Изд-во «Мысль», 1965, 334 стр.,
ц. 1 р. 27 к.

Моделирование сложных динамических систем составляет основу научного метода кибернетики. Но этим не исчерпывается значение темы рецензируемой книги. Специфика нынешнего этапа развития науки состоит в переходе ведущей роли к направлениям, изучающим высшие формы движения материи, существо которых заключено в сложной системной организации. Моделирование в этой области — весьма эффективный и часто единственный метод исследования. В этом смысле, как отмечает автор, можно говорить о «кибернетизации» современной науки.

Книга привлекает не только важностью темы, но и новизной рассматриваемых в ней проблем. Здесь анализируется естественнонаучный материал, сопоставляются различные точки зрения по методологическим вопросам, ведется полемика. Вполне понятно, что автор при этом не ставит перед собой задачи получить «бесспорные» и «окончательные» выводы. Однако, на наш взгляд, это не недостаток, а достоинство его позиции.

Общая структура работы такова. Вначале в ней рассматривается объективная природа моделей, основные этапы развития «докибернетического» моделирования, виды и функции моделей,

затем анализируются существенные для моделирования черты сложодинамических систем, выясняются гносеологические характеристики кибернетических моделей и, наконец, рассматриваются принципиальные возможности кибернетического моделирования и тенденции его развития.

Объективным условием моделирования, пишет автор, является «наличие некоторой общности между моделью и моделируемым объектом» (стр. 32). Эта общность обусловлена материальным единством мира и выражается в гоморфном или изоморфном соответствии объекта и модели¹. Но это лишь предпосылка, содержащая возможность моделирования. Моделирование есть метод человеческого познания и не может рассматриваться без учета активной роли познающего субъекта. Именно его практическая потребность определяет меру и формусходства, необходимую для того, чтобы данный объект или знаковая система могли играть роль модели другого, моделируемого объекта. В этом состоит «практико-субъективная» сторона моделирования. Такой подход, как нам кажется, избавляет от односторонности и дает ключ к пониманию диалек-

¹ Две системы называются *изоморфными*, если их элементы попарно взаимно однозначно соответствуют друг другу и преобразования элементов одной системы соответствуют преобразованиям соответствующих элементов второй системы. В том случае, когда взаимной однозначности нет, но каждому элементу и каждому преобразованию в первой системе соответствует один элемент и одно преобразование во второй системе, эти системы называются *гомоморфными*.

тики объективного и субъективного в моделировании.

Автор рассматривает моделирование как «особую форму опосредования» (стр. 10). Модель — это некоторый естественно или искусственно созданный «квази-объект» — заместитель, исследование которого дает информацию о самом моделируемом объекте. Причем, природа этого заместителя может быть не только материальной, но и идеальной: «Процесс запоминания тоже динамическое моделирование, когда в мозгу образуются функциональные структуры, являющиеся кодом введенной информации» (стр. 209). Эта точка зрения представляется нам заслуживающей внимания. До сих пор дискуссия велась в таком плане: либо модель — заместитель объекта, либо его отображение.

В работе подробно анализируются функции моделей в процессе познания. Автор указывает на следующие из них: иллюстративная, трансляционная (т. е. функция переформулирования задачи в терминах более привычного или более разработанного языка), замещающе-эвристическая (когда модель замещает недостающие пока что звенья теории), аппроксимационная и экстраполяционно-прогностическая. Модель, пишет автор, — это не только средство обеспечения наглядности (к слову сказать, с развитием физики микромира смысл понятия наглядности существенно изменился), но и средство объяснения. Она может играть роль «предтеории», «строи-

тельных лесов» и «пускового механизма» адекватной теории. При этом мы получаем не какие-то «знания второго сорта», а проникаем в сущность явления. В процессе моделирования вскрывается и количественная, и качественная определенность объекта. Весьма интересны соображения автора о «сумасшедших идеях», «здоровом смысле» и методологической позиции ученого, применяющего метод моделирования (см. стр. 38, 50, 52 и др.).

Значительное место в работе уделено анализу свойств систем сложной структуры и сложного динамизма. Понятие системы, разъясняет автор, — это конкретно-историческая модификация понятия материального объекта, соответствующая нынешнему, аналитико-синтетическому, этапу развития науки. В книге подробно анализируются определения системы, предложенные С. Клини, Г. Гудом и Р. Макколом, Л. Берталанфи и другими. Особенность авторского подхода к анализу систем состоит в учете активной роли познающего субъекта. Понятие системы появилось в результате «активного членения» познающим субъектом бесконечного мира на конечные фрагменты (стр. 91).

Представляет интерес попытка ввести количественный критерий сложности системы. Автор определяет его как «отношение числа классов внешних воздействий, которые система способна уравновесить, к числу уже известных классов воздействий, с которыми система уравновесилась не в состоянии» (стр. 104). Можно спорить о том, насколько корректным является такой критерий, однако следует сейчас сказать, что он обладает, по крайней мере, двумя достоинствами: во-первых, он объективен (по Эшби сложная система — это такая, которая в чем-то «побивает» познающего субъекта), во-вторых, он определяет сложность не через статические субстратные или структурные

показатели, а через показатели динамического функционирования.

Отличительной чертой кибернетического моделирования является его функциональность. Функциональное моделирование, пишет автор, — это как бы результат двойного абстрагирования: от субстрата объекта и от его структуры. Однако применение метода «черного ящика»¹ не имеет ничего общего с бихевиоризмом², ибо в основе этого метода лежит не принципиальный отказ от структурно-субстратного анализа, а стремление найти путь к практическому управлению явлением еще до того, как увенчается успехом исследование его «внутреннего механизма».

В общем случае между структурой системы и ее функцией взаимно-однозначного соответствия нет, существует только статистическая взаимосвязь. Таким образом, пишет автор, модель воспроизводит лишь одну из структур того класса, для которого возможно такое функционирование. Для характеристики сходного функционирования систем, не изоморфных (в общем случае) по структуре, автор вводит понятие изофункционализма (см. стр. 205). В интересной лемме о полноте изофункционализма автор показывает, что полное тождество функций двух систем возможно лишь в случае абсолютного тождества их структуры.

Большое внимание уделено методологическому анализу принципиальных возможностей кибер-

нетического моделирования. Показано, что этот метод универсален по широте области применения, но не универсален по глубине охвата явлений. Каждая конкретная модель дает лишь определенный «срез» сущности явления. Однако вместе с тем множество моделей в принципе может вскрыть любую сторону явления в любую их совокупность. Очень важно, что метод моделей позволяет решить любую задачу как частную при отсутствии общей теории.

Анализ принципиальных возможностей связывается с исследованием возможностей формализации знаний. Значительное место уделено анализу перспектив моделирования в связи со все более эффективным использованием электронных вычислительных машин.

Книга, разумеется, не лишена недостатков. При достаточно стройной в целом ее структуре, встречаются частичные повторения и рыхлые места. В особенности это заметно в последних двух главах. Названия некоторых разделов не вполне соответствуют их содержанию. Например, в разделе, озаглавленном «Диалектика функции и структуры в кибернетическом моделировании» речь фактически идет о диалектике познания функции и структуры, как полярных, но взаимосвязанных категорий. Не вполне удачно, на наш взгляд, произведена классификация на системы «простого динамизма» и «сложно-динамические» системы.

Все эти недостатки носят частный характер и не могут заслонить того факта, что литература по философским вопросам кибернетического моделирования обогатилась новой интересной работой. Однако, по нашему мнению, тираж книги (4500 экз.) явно недостаточен.

В. А. Бокарев

Кандидат философских наук
Москва

¹ Метод «черного ящика» — способ изучения систем, внутренний механизм которых на данной стадии исследования по каким-либо причинам недоступен (сложность, пространственно-временные характеристики), когда заключение о законах функционирования этих систем делается на основании сопоставления сигналов на их «входах» и реакций на их «выходах».

² Бихевиоризм — господствующее направление в американской психологии, принципиально отрицающее необходимость исследования внутреннего механизма психики. Предметом психологии бихевиористы считают лишь внешние реакции на стимулы.

ТАЙНЫ ЗЕЛЕННОГО ЛИСТА

С. П. Вольфович, Д. А. Биленьки

ХИМИЯ СОЗДАЕТ КОНТИНЕНТЫ

Изд-во «Советская Россия»,
173 стр., ц. 51 коп.

Многих читателей, безусловно, заинтересует эта небольшая популярная книга. В увлекательной и доходчивой форме в ней сообщаются современные научные сведения о все увеличивающемся влиянии химии на урожай.

В первых главах авторами выпукло и кратко описывается «наследство природы» — зарождение растительной жизни на Земле в ранние геологические периоды, приводятся краткие сведения о постепенном изменении состава земной атмосферы, об образовании в прибрежных местах тонких плодородных слоев, о появлении в морях первых водорослей. Авторы рисуют развитие растительной жизни на Земле, повышение кислотности в щелочной среде первичных почв и постепенное вымывание калия, фосфора и азота под влиянием кислотности.

В главе «Как кормить почву» говорится о сложности взаимоотношений между составом почвы, ее структурностью и влажностью, приводятся примеры того, как вымывание кальциевых солей на подзолистых кислых почвах делает невозможным накопление в почве нитратов, а также калия и фосфора. В противоположном примере для южных сероземных почв рассматривается повышение щелочности вследствие накопления натрия. На следующих страницах очень кратко даются примеры конкретного применения нитрофоски и других азотных, фосфорных или калийных удобрений. Авторы высоко оценивают значимость научно-исследовательской деятельности акад. Д. Н. Прянишникова, горячо выступавшего за

преобразование почв разумным внесением удобрений.

Отношение С. П. Вольфовича и Д. А. Биленьки к широкому применению химических методов для повышения урожайности почв, борьбы с сорняками и вредными насекомыми проявляется в книге весьма оптимистично и активно.

Большой интерес для широкого круга читателей представляют популярные и содержательные главы о болезнях растений, о стимуляторах роста, о борьбе против вредных насекомых (стр. 76—108). Здесь приводятся краткие сведения о влиянии, например, этилена на процесс созревания плодов и овощей, о значении поливки почв гетероауксином и другими препаратами для развития корневой системы и черенкового разведения плохо укореняющихся древесных пород, приводятся интересные данные об активации роста клубней картофеля действием этиленхлоргидрина, о борьбе с заморозками для сохранения цветущих фруктовых деревьев, о применении веществ, задерживающих прорастание клубней при хранении картофеля.

Внимание читателей книги привлекает описание таких химических веществ, которые вызывают сбрасывание листьев у хлопка или высушивают стебли и листья картофеля (дефолианты и десиканты), а также некоторые факты применения гербицидов и инсектицидов. Приводятся примеры опыления (с самолетов) очагов малярии препаратами ДДТ и гексахлорана, повлекшие почти полное исчезновение этой опасной болезни, рассказывается об уничтожении саранчи в СССР при помощи ядохимикатов и описывается применение стерилизованных облучением самцов мухи (каллитроги) и химических средств, вызывающих стерильность и бесплодность у насекомых-вреди-

телей. Здесь же доходчиво рассказывается об опытах применения бактерий для борьбы с гусеницами сибирского шелкопряда.

Авторы, к сожалению, мало говорят об отрицательных,сторажающих сторонах применения некоторых инсектицидов, вредных для птиц, рыб или других животных и человека. Богатый материал по этому вопросу собран в вышедшей в 1962 г. в США поучительной монографии Р. Карсон «Безмолвная весна».

В книге уделяется большое внимание важным для нашей страны мероприятиям по орошению пустынь, площадь которых в СССР составляет около 300 млн. га. Живо излагаются исторические сведения, говорится о современном состоянии орошения, об угрозе недостатка пресных вод в будущем, преимуществах тех или иных способов опреснения и увеличения доступных запасов пресной воды. Изложение таких вопросов, как использование вод тающих ледников, уменьшение поверхностного испарения крупных пресноводных озер выпуском молекулярных защитных пленок жирных спиртов и других веществ, проведено авторами в форме беседы с читателем.

Многие страницы книги посвящены весьма популярному изложению механизма передачи наследственности и воздействия разных физических и химических факторов на хромосомный аппарат растений. Кратко изложено искусственное выведение полиплоидных сортов свеклы, ржи и других сельскохозяйственных культур действием химических веществ-мутагенов, например колхицина, на семена или верхушечную точку роста растения (например, свеклы). Описаны трудности овладения «тайнами зеленого листа» — механизмом действия хлорофилла при фотосинтезе, сложность само-

го процесса синтеза углеводов, белков и сопутствующих им веществ в растениях. Здесь обсуждается вопрос о возможности искусственного синтетического получения питательных веществ для человека в близком или отдаленном будущем.

В книге С. И. Вольфовича и Д. А. Биленкина приведено около 50 рисунков (типа мультипликаций), к сожалению, мало подходящих к ее хорошему образовательному содержанию. Встречаются немногочисленные мелкие недостатки и в тексте. В целом

книга при весьма небольшом объеме содержит много полезного, а по форме своего живого и доступного изложения может служить образцом такого вида литературы.

Член-корреспондент АН СССР

Н. И. Никитин
Ленинград

ВЫДАЮЩИЙСЯ ЧЕШСКИЙ ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛЬ

Г. К. Цверава

ПРОКОП ДИВИШ,
1698—1765

Изд-во «Наука», 1965, 101 стр.,
ц. 30 коп.

Всестороннее успешное развитие науки предполагает не только активную устремленность вперед, но и знание всех поисков и экспериментов ученых, которые совершались вчера, позавчера, в далеком прошлом. Об этой простой истине, к сожалению, порою забываемой, и напоминает небольшая книга Г. К. Цверавы. Читая ее, невольно проникаешься мыслью, как сложен, труден и тернист был путь людей к знаниям, которые теперь представляются азбучными.

Доктор теологии и философии, сельский священник, сын чешского крестьянина, Прокоп (Воцлав) Дивиш принадлежал к числу выдающихся ученых-экспериментаторов XVIII в., хотя он и провел почти всю свою жизнь в небольшой деревне близ южноморавского города Зноймо. Современник Эйлера, Рихмана, Ломоносова, Франклина, в свое время Дивиш внес существенный вклад в изучение электрических явлений, особенно атмосферного электричества. Его эксперименты и исследования отличало стремление поставить электричество на службу человеку. Спустя год после смерти Рихмана, ошибка



которого Дивишу, как свидетельствуют его письма, была ясна, 15 июня 1754 г. он установил во дворе своего дома изобретенную им «метеорологическую машину». Это был первый заземленный громоотвод. Он появился за 6 лет до установки «молниевода» Франклина в Филадельфии, более совершенная модель которого впоследствии получила распространение в Европе. Существенно, что в отличие от Франклина Дивиш придавал значение высоте громоотвода.

Важное место в деятельности Дивиша занимает экспериментальное применение электричества в медицинских целях. Будучи одним из пионеров электротерапии,

вызывая нападки церковных властей, он успешно лечил у себя дома больных ревматизмом, о чем с гордостью писал в Петербургскую Академию.

Примечателен еще один эксперимент Дивиша. Подвергнув электризации находящиеся в земле семена салата и чечевицы, он заметил, что они взошли скорее, чем обычно, и, таким образом, одним из первых установил воздействие электрического поля на развитие растений.

Теоретическое осмысление экспериментов Дивиша в области изучения электричества, в известной мере ограниченное мировоззрением, нашло отражение в его трактате «Натуральная магия». Некоторые из высказанных в этом сочинении мыслей о происхождении атмосферного электричества отчасти перекликались с суждениями Ломоносова.

О разносторонности таланта Дивиша свидетельствует изобретенный им 790-струнный инструмент денидор, который позволял извлекать звуки, напоминающие голоса многих инструментов, существовавших в XVIII в. К сожалению, он не сохранился, а сведения о нем скупы.

Особый интерес представляют страницы книги, где говорится о связях Дивиша с Петербургской Академией, научный авторитет которой он расценивал очень высоко, о его переписке с Эйлером. Следует

отметить, что образ Дивиша как человека не идеализирован. И это хорошо.

Строгий читатель может упрекнуть автора за перегрузку монографии материалами по истории чешской науки и городов, вообще-то ценных и интересных, но не всегда имеющих прямое отношение к Дивишу. Можно было

бы указать и на некоторые неточности, в частности при характеристике Эдуарда Альберта, в деятельности которого были и теневые стороны. Вряд ли от петровских времен следует вести летоисчисление истории чешско-русских научных отношений. Но это частности. В целом выход книги хочется приветствовать. Ее

с интересом прочтут не только историки, физики, но и все, кто хочет познакомиться с развитием науки братского чешского народа. Приятно, что книга появилась накануне 200-летия со дня смерти выдающегося чешского ученого, которое отмечалось в Чехословакии в конце 1965 г.

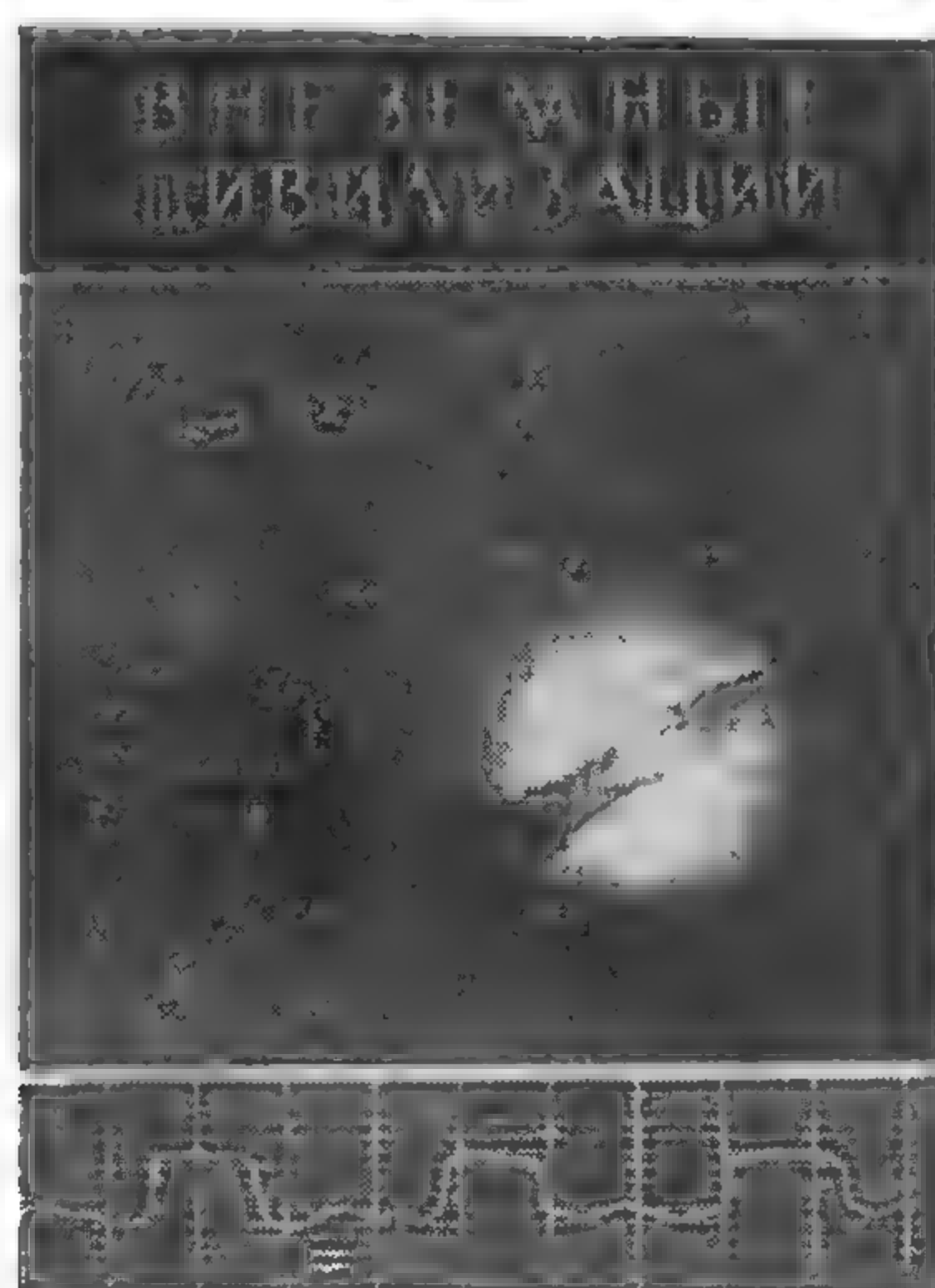
Л. С. Кишкин (Москва)

ПРОБЛЕМА МЕЖЗВЕЗДНЫХ СВЯЗЕЙ

ВНЕЗЕМНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ
Изд-во АН Армянской ССР, 1965,
152 стр., ц. 66 коп.

Гипотеза о множественности обитаемых миров, высказанная Демокритом и Джордано Бруно, породила к настоящему времени уже более сотни научных работ, освещающих различные стороны проблемы. К их числу принадлежит и сборник «Внеземные цивилизации», в котором публикуются материалы Первого всесоюзного (и второго в мире) совещания, посвященного проблеме цивилизаций во Вселенной. Совещание состоялось 20—23 мая 1964 г. в Бюраканской астрофизической обсерватории АН Армянской ССР.

Во вступительном слове акад. В. А. Амбарцумян отметил, что обсуждаемая совещанием проблема может быть разделена на три части: астрономические предпосылки развития жизни и цивилизаций в отдаленных планетных системах; задача обнаружения внеземных цивилизаций и связи между ними и в первую очередь нашей связи с ними; проблема языка и содержания информации. В материалах сборника наиболее широко освещается вторая упомянутая задача, первая затронута слабо, а по третьей опубликованы лишь тезисы доклада



А. В. Гладкого, посвященного возможным языкам для связи между различными цивилизациями.

В статье И. С. Шкловского рассматриваются, в частности, причины возросшего внимания к проблеме внеземных цивилизаций. Автор кратко излагает некоторые свои мысли, получившие развернутое освещение в книге «Вселенная, жизнь, разум». Представляет интерес и заслуживает подробного обсуждения замечание И. С. Шкловского о том, что проблема внеземных цивилизаций не менее важна, чем осуществление управляемой термоядерной реак-

ции. Однако с некоторыми положениями автора согласиться нельзя, в частности с его идеей об обязательной гибели любой цивилизации во Вселенной. Возможные причины такого финала, предполагаемые зарубежными авторами, например, С. фон Хорнером, которого И. С. Шкловский критикует в своей книге за попытки конкретизации причин гибели цивилизаций, несостоятельны. Некоторые участники совещания не поддерживали идей неизбежной гибели обществ. Акад. Я. Б. Зельдович отметил безосновательность точки зрения на финализм цивилизаций. Акад. В. А. Котельников заметил, что незачем уничтожать «внеземные цивилизации. Их нужно искать». Следует сказать, что в работах советских философов, выполненных за последние годы, обстоятельно доказывается возможность неограниченного во времени прогресса космических цивилизаций и особенно человечества. Представляется, что результаты этих работ нельзя не учитывать.

Вызывает сожаление, что в работах совещания и публикации материалов сборника не приняли участие социологи и философы. Их участие помогло бы в решении целого ряда вопросов. В частности, до сих пор нет определения, что понимается под цивилизацией

во Вселенной. Существующее представление о человечестве необходимо космизировать, ибо без этого неизбежны разноречивые во мнениях и необоснованные элементы геоцентризма и антропоцентризма. А это затрудняет решение проблемы цивилизаций во Вселенной.

В статьях акад. В. А. Котельникова и Н. С. Кардашова рассмотрен вопрос о возможном приеме информации в радиодиапазоне от других цивилизаций. Акад. В. А. Котельников показал, что цивилизация, обладающая несколько большим, чем наша, уровнем развития (всего на несколько десятков лет) и посылающая специальные радиосигналы, может быть обнаружена нами уже на расстоянии до 500—1000 световых лет. Н. С. Кардашов приходит к выводу, что еще более развитые цивилизации, мощность передатчика которых превышает $4 \cdot 10^{33}$ эрг/сек, могут быть обнаружены практически с любого расстояния в наблюдаемой Вселенной, причем от этих цивилизаций в принципе возможен прием большого количества информации.

Значительное внимание уделено обсуждению критерия искусственности сигнала, т. е. его принадлежности к сигналам внеземной цивилизации. Эти вопросы обсуждаются в статьях Н. С. Кардашова, В. И. Слыша, В. С. Троицкого, Ю. Н. Парийского, Л. И. Гудзенко и Б. Н. Пановкина.

Приводятся соображения о возможных угловых размерах, характеристике спектра, возможной модуляции и статистических свойствах таких сигналов.

В ряде работ высказываются соображения о радиоустановках для обнаружения внеземных цивилизаций. Интересные идеи в этом плане содержатся в статьях акад. В. А. Котельникова, чл.-корр. АН СССР В. И. Сифорова. Г. М. Товмасьян предложил для приема сигналов использовать кольцевой радиотелескоп, а С. Э. Хайкин — радиотелескоп с антенной переменного профиля.

Много ценных мыслей было высказано и в материалах дискуссии. Серьезного внимания заслуживает замечание П. М. Геруни о возможности существования цивилизаций с агрессивными тенденциями. В самом деле, если бы все космические цивилизации обнаруживали бы тенденцию к космическим войнам, то, по-видимому, прием и передача сигналов были бы крайне нежелательны. В связи с этим ставилась бы под сомнение сама необходимость работы над проблемой таких информационных контактов. Вот почему и в этом плане желательны подробные социологические изыскания. В марксистской литературе высказывались соображения, что на определенном уровне развития цивилизации должны стать коммунистическими, которым, естественно, будут чужды агрессивные

намерения. Однако этот вопрос разработан совершенно недостаточно и нуждается в дальнейших серьезных исследованиях.

В сборнике опубликовано также решение совещания, где отмечается, что в настоящее время имеются реальные предпосылки для постановки исследований и опытов по установлению радиосвязи с цивилизациями во Вселенной. Намечены экспериментальные (поиск и посылка радиосигналов) и теоретические (разработка критериев искусственности, космической лингвистики и др.) исследования этой проблемы. Совещание предложило создать в ряде научных учреждений специальные группы по разработке ее отдельных задач. Для координации научно-исследовательских работ в области межзвездной связи предложено создать координирующий и планирующий орган «Комиссию по межзвездным связям».

Материалы сборника свидетельствуют, что в нашей стране разворачивается планомерная научная работа по этой интересной и ставшей уже актуальной проблеме. Изданный сборник несомненно будет содействовать дальнейшему разворачиванию работ по комплексной проблеме межзвездных связей и вовлечению в орбиту исследований значительно более широкого круга ученых.

А. Д. У р с у л
Кандидат философских наук
Москва

Читайте в следующем, № 3 журнала «Природа»

К СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ П. Н. ЛЕБЕДЕВА. Подборка материалов о крупнейшем физике — первооткрывателе светового давления

КОСМИЧЕСКИЕ ЗОРИ. Статья проф. Г. В. Розенберга

СЕВАСТОПОЛЬ — ГАВАНА. Статья Н. П. Богарова о творческом содружестве советских и кубинских ученых

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ПО ФИЗИКЕ 1965 ГОДА

Японский физик С. Томонага и американские физики Р. Фейнман и Ю. Швингер стали лауреатами Нобелевской премии за 1965 г. Работы этих выдающихся теоретиков в области квантовой электродинамики ознаменовали собой новый этап в развитии теоретической физики и привели к существенному прогрессу в наиболее трудной и актуальной области — квантовой теории взаимодействия элементарных частиц.

Сразу же после создания квантовой механики перед наукой встала задача объединения этой теории с теорией относительности. Это было тем более необходимо, что одна из основных элементарных частиц — световой квант (фотон) всегда движется со скоростью света и потому во всяком случае должен описываться с учетом требований теории относительности. Решение этой задачи было начато в результате создания релятивистской квантовой теории электрона и квантовой теории излучения, которые позволили дать описание целого ряда важных физических явлений. Уравнения этой теории очень сложны и их решение всегда производилось путем разложения по существующему в теории малому параметру — постоянной тонкой структуры $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx 1/137$.

При этом всегда оказывалось, что имеет смысл лишь первый член такого ряда, а все последующие члены не только не малы, а напротив бесконечны, так как выражаются через не имеющие прямого смысла «расходящиеся» интегралы. Поэтому в течение долгого времени эти высшие члены просто отбрасывались, а сама теория, несмотря на очевидные успехи, казалась весьма сомнительной.

Последующие работы, из которых наиболее важными являются работы Томонага, Швингера и Фейнмана, полностью изменили положение. Были разработаны эффективные способы вычисления любых членов разложения по α . Оказалось, что эти члены описывают взаимодействие с нулевыми колебаниями полей, которые существуют даже в

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА 1965 года

Президиум Академии наук СССР присудил Золотую медаль им. М. В. Ломоносова 1965 г. акад. Николаю Васильевичу Белову за его выдающиеся работы в области кристаллографии.

С именем Н. В. Белова, крупнейшего в мире специалиста по атомной структуре кристаллов и кристаллохимии неорганических веществ, связан ряд новых направлений в современной кристаллографии. Ученый детально разработал теорию плотных упаковок атомов в кристаллах, что позволило ему систематизировать и обобщить данные по кристаллохимии ионных кристаллов и металлических фаз. Он внес новые идеи в геометрическую кристаллографию, расширив понятие антисимметрии введением цветных точечных и двумерных пространственных групп. Эти исследования получили практическое применение в рентгенографии и нейтронографии кристаллов. Под руководством Н. В. Белова в Советском Союзе развиты и реализованы с использованием современных вычислительных машин прямые методы расшифровки кристаллических структур.



Лауреаты Нобелевской премии японский физик С. Томонага и американские физики Р. Фейнман и Ю. Швингер

Особенно большой вклад внес Н. В. Белов в кристаллохимию силикатов. Им сформулированы основные закономерности строения силикатов, что явилось научной основой для совершенствования свойств цемента, стекол, молекулярных сит (цеолитов) для извлечения из минералов таких элементов, как литий, бериллий, бор, цирконий, титан и ниобий.

Н. В. Беловым опубликовано свыше 400 работ, охватывающих практически все важнейшие разделы современной кристаллографии.

НОВЫЕ ПУТИ ЛЕЧЕНИЯ НЕМАТОДОЗОВ

В докладе кандидата биологических наук С. Г. Мюге (Гельминтологическая лаборатория АН СССР, Москва), состоявшемся в Кишиневе на IV Всесоюзном совещании по иммунитету сельскохозяйственных растений, была показана и теоретически обоснована возможность борьбы с нематодозными заболеваниями растений путем активного и направленного изменения биохимизма больного растения.

Это направление в фитогельминтологии принципиально ново в том отношении, что обычные методы уничтожения нематод вредно сказываются на естественном биоценозе, так как попутно уничтожаются и полезные организмы почвы. Кроме того, применение ядовитых веществ не всегда эффективно, поскольку фитогельминты очень устойчивы к большинству ядов и могут уходить от их воздействия в глубокие слои почвы.

Принцип, предложенный С. Г. Мюге, основывается на применении физиологически активных веществ, не оказывающих губительного действия на полезные почвенные организмы.

Экспериментальная проверка этой интересной теории проведена в лаборатории паразитологии Института зоологии АИ Молдавской ССР на фитогельминтах овощных культур и картофеля. Первые опыты дали положительные результаты. Например, изменяя с помощью хими-

отсутствие частиц, т. е. в вакууме. В то же время наличие частиц может существенно менять свойства вакуума, поляризовать его. Это приводит к интересным наблюдаемым эффектам. Выяснилось, например, что магнитный момент электрона равен не просто $\frac{e\hbar}{2mc}$, как это считалось ранее, а под влиянием взаимодействия с вакуумом он меняется на величину $\frac{\alpha}{2\pi} \frac{e\hbar}{2mc}$. Спектр атома водорода и других атомов также меняется из-за этого взаимодействия. Рассчитанные эффекты нашли блестящее подтверждение в многочисленных экспериментах. Важно то, что созданная учеными теория позволяет теперь вычислить все процессы взаимодействия фотонов с электронами практически с любой степенью точности.

Как это часто бывает в истории науки, методы, развитые для изучения квантовой электродинамики, оказались очень полезными и в других разделах теоретической физики. Это прежде всего относится к так называемым диаграммам Фейнмана, позволяющим наглядно графически изобразить процессы взаимодействия частиц. В области теории элементарных частиц эти диаграммы по существу составляют тот язык, которым пользуются физики-теоретики и без которого изложение многих вопросов было бы практически невозможно. Эти диаграммы, так же как и многие другие способы расчета, созданные в процессе развития квантовой электродинамики, нашли широкое применение и в других областях — теории атомных ядер и в квантовой статистической физике. Особенно они полезны в теории жидкого гелия и в теории сверхпроводимости, где с их помощью было решено много задач, которые нельзя было бы решить другими способами.

Можно не сомневаться, что в результате дальнейшего развития работ Фейнмана, Швингера и Томонага будет получено еще много интересных результатов.

А. Ф. Андреев,
Б. П. Пятаевский
Москва

ГИПОТЕЗА УДАРНЫХ ВОЛН В ГАЛАКТИКЕ

Астрономы ряда стран, в том числе СССР (Ю. И. Псковский, А. С. Шаров, Е. Д. Павловская) и ГДР (Г. Рихтер, работающий в Институте Генриха Герца), считают, что уже есть веские основания для принятия многорукавной модели Галактики¹.

В конце 1965 г. на 48 заседании Немецкого астрономического общества Г. Рихтер сообщил о результатах исследований строения Галактики при помощи большого радиотелескопа Генриха Герца на волне 559 мк и о своей новой гипотезе возникновения структуры Млечного Пути. Наибольшее значение он придает установлению того факта, что расположенные в плоскости галактического экватора рукава Галактики не являются однородными, непрерывными образованиями. В некоторых местах радиотелескоп обнаружил максимумы излучений, соответствующие сгущениям, за которыми следуют области разрежений.

¹ См. статью Ю. И. Пскового «Многорукавная структура нашей Галактики», «Природа», 1965, № 11, стр. 32.

Поскольку по ходу каждого рукава обнаруживается несколько областей сгущений и разрежений, создается впечатление, что эти рукава образованы ударными волнами, распространяющимися в межзвездной среде — нейтральном водороде.

Прежде чем рассмотреть возможный механизм возникновения ударных волн в Галактике, Г. Рихтер обращает внимание на то, что многорукавная модель Галактики, удовлетворительно объясняющая наблюдаемую при помощи оптических и радиотелескопов картину распределения различных звездных населений внутри Галактики и распределение в ней межзвездного газа, не может объяснить двух весьма существенных обстоятельств. Гравитационные и тем более электромагнитные поля, существующие в Галактике, могли бы обеспечить устойчивость многорукавной вращающейся системы в пределах 10^8 лет, что на порядок меньше времени существования Галактики. Кроме того, не ясно, почему уже давно не произошло опустошения ядра Галактики, поскольку один лишь рукав ежегодно выносит из ее ядра массу вещества, эквивалентную солнечной массе.

Все эти трудности отпадают, если рассматривать рукава Галактики не просто как скопления газа и звезд, а как следствие распространяющихся с большей начальной скоростью в межзвездной среде ударных волн. Скорость волн в момент их возникновения во много раз превышает звуковую скорость в межзвездном газе (около 1 км/сек). То обстоятельство, что рукава изгибаются к центру Галактики по мере того, как скорость волн уменьшается до звуковой, соответствует свойствам ударных волн. Многорукавная система, образованная распространяющимися в межзвездном газе ударными волнами, обладала бы необходимой устойчивостью во времени. Это была бы и замкнутая система: значительная часть вещества, теряемого ядром Галактики при возникновении ударных волн, возвращалась бы обратно в ядро.

Таким образом, новая гипотеза устраняет трудности, возникшие в связи с созданием многорукавной модели Галактики, и удовлетворительно объясняет вновь открытый факт — неоднородность в распределении вещества вдоль галактических рукавов.

Механизм возникновения ударных волн в самых общих чертах сводится, по Г. Рихтеру, к следующему: ядро Галактики вращается со скоростью, достигающей на расстоянии в 600 парсек от центра 260 км/сек. В то же время скорость звука в межзвездном газе, как уже сказано, не превышает 1 км/сек. Это обозначает, что две газовые массы обладают огромной скоростью одна относительно другой. Поэтому можно сказать, что движение газового потока происходит со сверхзвуковой скоростью как бы вдоль твердой стенки. Если на этой «стенке» оказывается какое-нибудь «препятствие» (неоднородность), то образуется ударная волна, начинающая распространяться в межзвездном газе.

Г. Рихтер по положению сгущений и разрежений в рукавах оценивает интервалы между двумя последовательными ударными волнами в 300—400 млн. лет, причем последняя волна возникла около 60 млн. лет тому назад. Но из этого следует, что последняя галактическая катастрофа произошла в то время, как на Земле началось внезапное и быстрое вымирание фауны ящеров. Вообще, утверждает Г. Рихтер, многие факты в истории жизни на Земле получают новое освещение при сопоставлении ее истории с распространением и возникновением ударных волн в межзвездной среде, окружающей центр или ядро Галактики.

ческих веществ окислительно-восстановительные процессы растений-хозяев (огурцов), аспиранту Г. П. Кожокару удалось резко снизить в условиях теплицы вредность галловой нематоды — злейшего врага большинства огородных растений. Во много раз сократилась интенсивность инвазии и снизилось число галлов на корнях растений. Одновременно в несколько раз увеличилось количество завязавшихся плодов.

Аспирант И. В. Бумбу экспериментально доказал зависимость между окислительно-восстановительными процессами картофеля и его восприимчивостью к дитилленхозу (возбудитель — стеблевая нематода). Тем самым показана возможность борьбы с дитилленхозом картофеля путем вмешательства в обменные процессы растения без применения ядовитых веществ.

Эти первые опыты подтвердили правильность теоретических предпосылок и перспективность нового направления в борьбе с вредителями сельскохозяйственных растений. Здесь гармонично сочетаются элементы двух направлений в защите растений — химического и биологического, но химия представлена без яда, а биологическое воздействие на нематод осуществляется при помощи веществ.

Приятно отметить, что в содружестве с москвичами, наши молодые молдавские ученые явились пионерами в этом интересном деле.

Вице-президент Академии наук Молдавской ССР
А. А. С п и с с к и й

АВТОМАТ ДЛЯ СИНТЕЗА БЕЛКА

Великое достижение современной науки — расшифровка первичной структуры ряда белковых веществ — ставит на очередь вопрос об их синтезе. Задача эта, в принципе разрешенная, связана, однако, с выполнением громадного числа простых химических операций, что делает ее крайне трудоемкой.

Р. Б. Меррифилд (США) недавно синтезировал одно из простейших белковых веществ —

гормон брадикинин, молекула которого содержит пептидную цепь из девяти аминокислот. Синтез проведен по твердофазному методу: аминокислота, служащая одним из концов цепи, сажается на твердую полимерную частицу и на нее последовательно действуют растворам, из которых наращиваются следующие звенья цепи. Присоединение каждого звена может требовать до 80 простых операций — таких, как отсасывание, встряхивание и фильтрование. Для выполнения этой громоздкой процедуры Р. Б. Меррифилд и Дж. М. Стюарт построили автоматический аппарат, в котором запрограммирована вся длинная последовательность операций. Гормон, приготовленный машиной, не уступает «ручному» как по выходу, так и по чистоте и биологической активности.

«Scientific American», т. 213, 1965, № 2, р. 44 (США)

IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС

С 11 по 26 сентября 1965 г. в Югославии, стране классического карста, состоялся IV Международный спелеологический конгресс. В его работе приняло участие свыше 400 человек из 26 стран. Наиболее многочисленными были делегации Югославии, Франции, Италии, Австрии, СССР.

Конгресс открылся в «Концертном зале» одной из самых длинных и красивых пещер Югославии — Постоянной Яме. На пленарных и секционных заседаниях, проходивших в Любляне, обсуждались вопросы общей физической спелеологии, карстовой гидрологии, региональной спелеологии, биоспелеологии, палеонтологии и исторической спелеологии. Одна из секций была посвящена технике исследований, документации и эксплуатации пещер.

Карстоведы и спелеологи волновали проблемы выявления физико-химической сущности карстовых процессов, формирования химического состава карстовых

КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ КОРАБЛЕЙ «ДЖЕМИНАЙ-6» И «ДЖЕМИНАЙ-7»

В планах космических исследований США программе «Джеминай» придается большое значение. После завершения исследований по программе «Меркурий» она является дальнейшим этапом освоения космоса в США. Основное назначение программы «Джеминай» — практическая отработка задач, связанных с подготовкой полета человека на Луну, намеченной США к 1970 г. Этой программой предусмотрено проведение 12 орбитальных полетов пилотируемых космических кораблей. Осуществляя полет космических кораблей «Джеминай-6» и «Джеминай-7», Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) США стремилось решить следующие задачи: довести длительность полета человека в космосе (корабль «Джеминай-7») до 14 суток — 330 час. 30 мин.; осуществить встречу в космосе двух пилотируемых кораблей («Джеминай-6» и «Джеминай-7»); установить на одной пусковой платформе две ракеты-носителя «Титан-2» вместе с космическими кораблями и произвести их запуск.

Основной целью полета космического корабля «Джеминай-7» было определение возможности пребывания экипажа в невесомости в течение 14 суток, а целью полета корабля «Джеминай-6» — осуществление маневра на максимальное сближение с кораблем «Джеминай-7» и проведение группового полета. Предусматривалось также выполнение большого количества научных экспериментов (около 20).

Среди медико-биологических экспериментов наиболее важными были определены два: изучение влияния длительной невесомости на механизмы кроветворения и исследование характера вымываемости кальция из костной системы обоих космонавтов. Наряду с этим планировалось проведение других исследований — изучение остроты зрения по наземным ориентирам, электроэнцефалографии, внешнего дыхания, кровообращения, а также ряда других вопросов (питание, водообмен, утилизация продуктов жизнедеятельности, регуляция теплообмена, работа без скафандра и т. д.).

Предусматривались также проведение и технических исследований: испытание новой системы связи с использованием лазерного луча; фотосъемка различных объектов поверхности Земли, образования облаков; опыты по навигации в космосе и т. д.

Космический корабль «Джеминай-7» с двумя космонавтами на борту Френком Борманом и Джеймсом Ловеллом стартовал 4 декабря в 22 час. 30 мин. по московскому времени. Полет корабля «Джеминай-7» на протяжении почти 14 суток (206 витков) проходил без особых осложнений. Хотелось бы обратить внимание на особенности полета. Атмосфера в кабине космического корабля «Джеминай-7» состояла из чистого кислорода. Общее давление газовой среды в кабине равнялось $\frac{1}{3}$ наземного. Уже на пятый день космического полета Борман и Ловелл стали ощущать воздействие чистого кислорода: сухость во рту и носоглотке, раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей. В течение всего остального времени полета, чтобы уменьшить сухость во рту и носоглотке, космонавтам пришлось дышать через мокрую марлевую прокладку. На восьмой день полета из водозаборника системы обеспечения жизнедеятельности протекла вода.

В то же время в скафандрах космонавтов набралось довольно большое количество воды-конденсата. Борман и Ловелл решили выпустить эту воду за борт корабля — в открытый космос. В результате выполнения этой манипуляции корабль нарушил свой стабильный полет и начал кувыркаться. Это кувыркание привело к нарушению функций внешней системы терморегулирования, в результате чего температура газовой среды в кабине корабля упала с 25° С до 7—9° С. Космонавты в эту ночь сильно замерзли. Вместо положенных 10 они спали только 5 час.

В этом полете космонавты Борман и Ловелл попеременно снимали свои скафандры и оставались в одном белье. На раздевание скафандра Ловеллу потребовалось не более 10 мин.

Космонавты в основном выполнили все запланированные исследования, за исключением экспериментов по использованию лазерного луча как средства связи с наземными станциями слежения. Несмотря на несколько попыток передачи голоса на Землю при помощи лазерного луча, космонавтам только один раз удалось связаться с одной из трех станций слежения.

Космический корабль «Джеминай-6» должен был стартовать 13 декабря и осуществить маневр на сближение и проведение группового полета с кораблем «Джеминай-7». Но, учитывая готовность стартовой площадки и ракеты-носителя корабля «Джеминай-6», запуск был назначен на сутки раньше — 12 декабря. Однако этого не удалось осуществить. Из-за небрежности со стороны стартовой команды в одном из двигателей ракеты-носителя была допущена неисправность. Двигатель не смог развить необходимой тяги. Электронная система обнаружения ошибок автоматически выключила работающие двигатели. Жизнь космонавтов корабля «Джеминай-6» Уолтера Ширра и Томаса Стаффорда оказалась в опасности. И только благодаря чувствительности электронной системы обнаружения неполадок космонавты, корабль «Джеминай-6» и ракета-носитель были спасены.

Корабль «Джеминай-6» с космонавтами Ширрой и Стаффордом на борту был запущен в космос только 15 декабря в 16 час. 37 мин. по московскому времени. Через 5 час. 16 мин. после старта корабль «Джеминай-6» начал заключительный маневр по сближению с кораблем «Джеминай-7» на орбите высотой 300 км. Кораблю «Джеминай-6» удалось сблизиться с кораблем «Джеминай-7» на два-три метра. Космонавты обоих кораблей поддерживали между собой радиосвязь, они видели друг друга через иллюминаторы кораблей. Совместный полет двух кораблей продолжался в течение 5 час. 26 мин. после чего на восьмом витке корабль «Джеминай-6» включил ракетные двигатели и постепенно начал опережать космический корабль «Джеминай-7».

После совершения 16 витков вокруг Земли и 25-часового нахождения в космосе корабль «Джеминай-6» в 18 час. 29 мин. 16 декабря осуществил посадку в Атлантический океан, в 1000 км к югу от Бермудских островов и в 54 км от авианосца «Уосп». В 19 час. 34 мин. космический корабль «Джеминай-6» вместе с космонавтами Ширрой и Стаффордом были подняты на борт авианосца. Через два дня, 18 декабря в 17 час. 05 мин. примерно в том же районе Атлантического океана приводнился и корабль «Джеминай-7». Космонавты Борман и Ловелл налетали в космосе более 9 млн. км и пробыли в космическом корабле 330 час. 30 мин. С приводнившегося корабля «Джеминай-7» космонавты Борман и Ловелл перешли на спасательный плот, а с него были подняты на вертолет и доставлены на борт авианосца «Уосп».

вод, оценки интенсивности процессов карстообразования.

Очень интересны были научные экскурсии. Делегации осмотрели пещеры, мощные карстовые источники и реки в классических карстовых областях Югославии и увидели, какую огромную работу проделали югославские исследователи по хозяйственному освоению закарстованных каменистых пространств. Югославские ученые и инженеры ознакомили советских специалистов с гидроэнергетическими системами Перуча и Требишница, сооружаемыми на карстовых реках, а также с методикой работ, проводимых по использованию карстовых вод для водоснабжения, в энергетических целях, по осушению обводненных полей.

Конгресс позволил получить представление об основных направлениях развития науки о карсте и установить научные контакты между учеными разных стран.

К. А. Горбунова
Кандидат геолого-минералогических наук
Институт карстоведения и спелеологии (Пермь)

ПРИМАНКА ДЛЯ МУХ

В нашем журнале¹ уже шла речь о несовершенстве химических средств борьбы с насекомыми. Вредные насекомые к ним привыкают, полезные гибнут (гибнут также и птицы, уничтожающие вредных насекомых), а ядовитые вещества отравляют природу. Большие надежды возлагаются на мутагенные вещества, лишаящие насекомых способности производить потомство. Но нужно помнить, что по идее всякое мутагенное вещество должно быть и канцерогенным — ведь рак есть по существу соматическая мутация. С другой стороны, нет необходимости убивать насекомых на месте — достаточно заманить их в ловушку. Поэтому очень интересно предложение группы исследователей из министерства земледелия США. Предлагаемый ими метод годится, правда, только для мух и неприменим к кровососам.

¹ См. «Природа», 1965, № 12, стр. 72

В качестве приманки для мух рекомендуются простые вещества, извлеченные из гидролизатов дрожжей и творога: аминокислота (лейцин) и нуклеотид (гуанозинмонофосфат). Всего лишь 10 мг любого из этих веществ на кусочке влажной фильтрованной бумаги служат сильнейшей приманкой для мух.

Специальные опыты показали, что действие не чувствуется на расстоянии, как в случае пахучих веществ. Эффект приманки объясняется тем, что найденные вещества стимулируют аппетит мухи, севшей на приманку, а она своим примером привлекает подруг. Замечательно, что 98% заманиваемых мух были женского пола. Причина такой корреляции с полом еще не ясна.

Гидролизаты дрожжей и творога уже успешно использовались как приманки в борьбе со средиземноморской плодовой мушкой. Выделение из них специфических компонентов, обладающих гораздо более мощным действием, открывает новые перспективы в борьбе с мухами.

«Scientific American», v. 213, 1965, № 1, p. 48 (США)

ПОЧЕМУ САХАРИН СЛАДКИЙ?

До сих пор химики не сошлись в мнениях, с чем именно в строении молекулы связан сладкий вкус. Сладкие вещества принадлежат к совершенно различным группам химических соединений и неясно, что между ними общего. Ответ, быть может, будет получен после исследования пространственного строения молекул методами рентгеноструктурного анализа.

Японский кристаллограф Я. Окая, работающий в лаборатории компании вычислительных машин IBM (США), предпринял с этой целью детальное исследование кристаллической структуры сахарина. На фотографии исследователь держит построенную им модель молекулы сахарина. Основой ее структуры служат два сочлененных кольца: шестичленное (бензольное) и пятичленное, которые хорошо видны

По предварительным сообщениям врачей, состояние здоровья космонавтов Бормана и Ловелла, находившихся в состоянии невесомости около 14 суток, хорошее. Никаких признаков вестибулярных расстройств и дезориентации не определено. У обоих космонавтов при выходе из космического корабля было отмечено некоторое понижение кровяного давления. Космонавты Борман и Ловелл в течение 11 дней подвергались тщательному медицинскому обследованию.

Главные итоги космического полета кораблей «Джеминай-6» и «Джеминай-7» следующие: космонавты Борман и Ловелл доказали, что пребывание в невесомости в течение 14 суток, по-видимому, не сопровождается существенными изменениями в состоянии здоровья; атмосфера внутри кабин космических кораблей, состоящая из чистого кислорода, по предварительным данным, не вызвала у космонавтов серьезных осложнений, помимо сухости во рту и посоглотке, а также раздражения слизистых оболочек верхних дыхательных путей; эксперимент по использованию лазерного луча, несмотря на ряд неудачных попыток, показал, что лазер может быть использован в качестве средства связи в космосе; выполнена программа по осуществлению сближения двух космических кораблей и группового совместного полета. Это успех американской космонавтики и космонавтов, членов экипажей кораблей «Джеминай-6» и «Джеминай-7».

Ф. В. Романов
Москва

НАУЧНЫЕ ИНСТИТУТЫ ДАНИИ

С давних времен установилась традиция, что физики всего мира приезжают в Копенгаген, чтобы доложить о своих новых работах, обсудить важные проблемы современной физики и ознакомиться с работами своих коллег.

По приглашению Датского инженерного общества и Института Нильса Бора в Данию выезжала делегация АН СССР в составе академиков П. Л. Капицы, Б. П. Константинова, чл.-корр. АН СССР С. Т. Беляева и доктора физико-математических наук Л. А. Слива. Делегации всюду был оказан очень теплый прием, хозяева делали все, чтобы гости наиболее эффективно провели время и больше увидели. Датская пресса все время в дружественных тонах освещала пребывание делегации в их стране. Мы посетили многие научные центры Дании и познакомимся с ведущимися там исследованиями.

Институт Нильса Бора насчитывает около 200 человек, в том числе 40 научных сотрудников (15 теоретиков и 25 экспериментаторов).

В Институте успешно эксплуатируется электростатический перезарядочный ускоритель тяжелых заряженных частиц, так называемый «Тандем». Энергия протонов в нем доводится до 20 Мэв при разрешении в 10 кэв. На «Тандеме» исследуются ядерные реакции в основном на средних и тяжелых ядрах. Исследования проводятся целенаправленно, для получения принципиально новых результатов.

Лаборатория β-спектроскопии института — одна из лучших в мире. Масс-сепаратор позволяет получить чистые источники с 10% интенсивностью от исходной после 3-часового разделения. Бета-спектрометр типа «апельсин» полностью автоматизирован и дает разре-

ние в 0,4% при светосиле 1%. Германиевые γ -детекторы делаются в самой лаборатории.

Группа по исследованию космических лучей собрала две установки для поиска тяжелых частиц с массой $M \geq 10$ масс протона — так называемых кварков. Такие частицы предсказываются теорией, но экспериментально пока не обнаружены. Получена лишь верхняя граница сечения для рождения таких частиц — 10^{-29} см². Теоретический отдел Института очень сильный и возглавляется О. Бором и Б. Моттelsonом.

В тесном сотрудничестве с Институтом Бора работает Институт NORDITA (Институт северных стран), состав которого ежегодно меняется. В 1965 г. в нем работало 55 ученых из разных стран, в том числе из СССР.

Исследовательский атомный центр в Risö. Здесь на обогащенном U^{235} работает большой тепловой гетерогенный реактор. Мощность его 10 Мвт и поток 10^{14} нейтронов/см² сек. На реакторе определяют время жизни нейтрона с целью уточнения опытов советского ученого Спивака: исследуют спектры тепловых колебаний кристаллов, работают с изотопами, проводят исследования методом нейтронографии.

Интерес представляет работа линейного электронного ускорителя. Ускоритель даст 5 кэВ в пучке при 10 МэВ. Энергия меняется в пределах $3 \div 10 \div 15$ МэВ.

Институт им. Эрстеда находится в новом здании университета, законченном в 1964 г. Он рассчитан на ежегодный прием 150 студентов. Помимо учебных помещений, в здании помещаются научно-исследовательские институты — физики твердого тела, химический, математический. Научные и студенческие лаборатории имеют современное оборудование, частично закупленное в США и ФРГ.

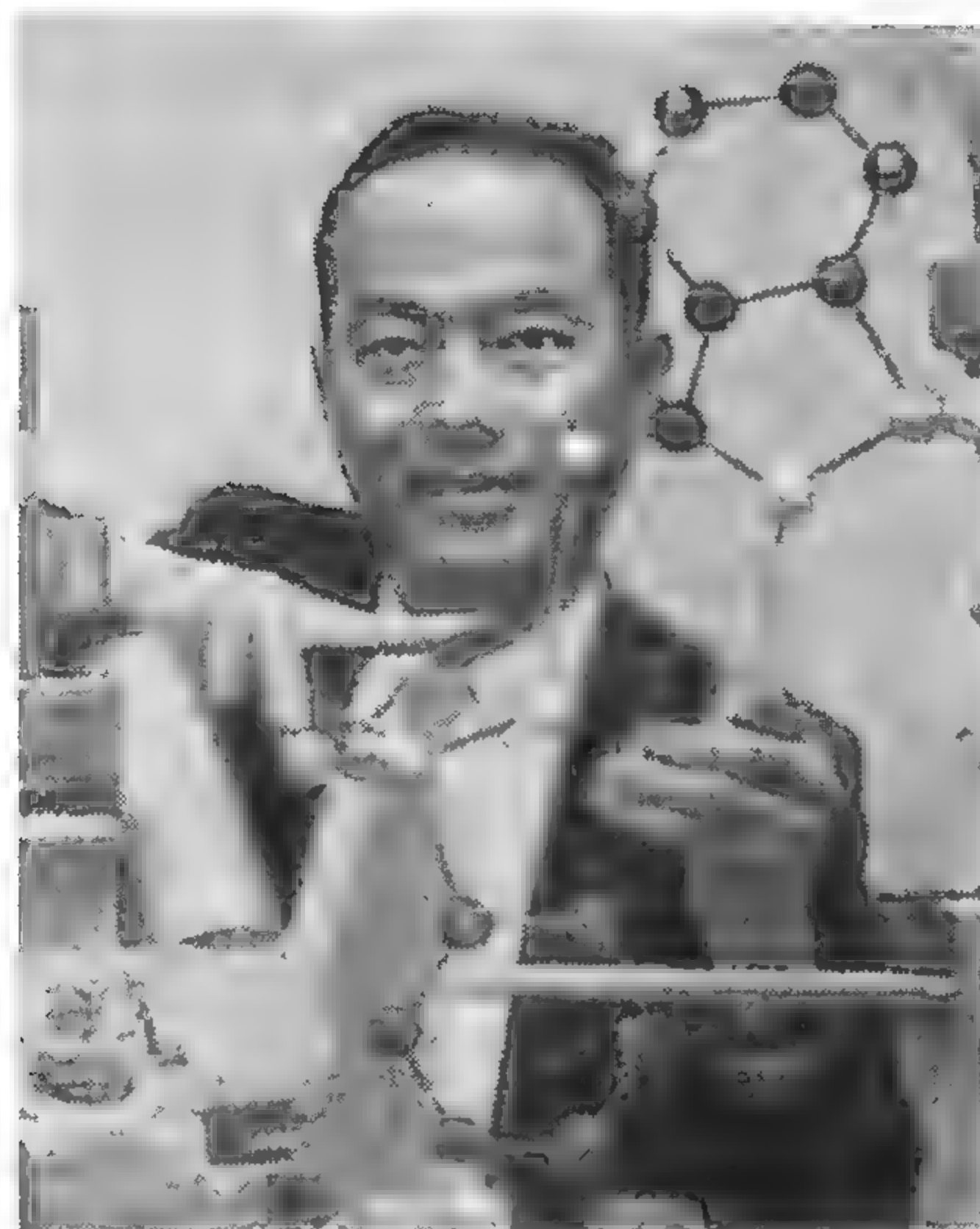
Делегация ознакомилась с лабораторией газовых лазеров, которые применяются для наблюдения флуктуации оптической плотности среды.

Интересная работа ведется по наблюдению дислокаций в кремнии при помощи инфракрасных лучей.

В *Высшей технической школе* интерес представляют две лаборатории: радиотехническая лаборатория, где исследуются распространение волн и конструкции антенн (здесь оборудована комната с поглощающими волны стеклами), и акустическая лаборатория, предназначенная для комплексных исследований по архитектурной акустике и защите от шумов и вибраций. В распоряжении ученых две глухие камеры, плавающие камеры, гулкое помещение и др. Одна лаборатория оборудована для исследований звукоизоляции потолков, полов и стен. Работает установка для исследования виброизоляции конструкций, установка для изучения распространения звука в вентиляционных каналах.

Все члены нашей делегации выступили с научными докладами. Огромный интерес вызвал доклад акад. П. Л. Капицы «Электроника больших мощностей». Во время пребывания в Копенгагене ему была вручена королем Дании Фридериком медаль Нильса Бора, которой он награжден за выдающиеся работы по физике.

Между институтом Нильса Бора и Физико-техническим институтом им. А. Ф. Иоффе АН СССР был заключен договор о научном сотрудничестве. Согласно договору, институты будут ежегодно обмениваться делегациями ведущих сотрудников и младшими научными



на снимке. Пятичленное кольцо оказалось плоским, а бензольное находится в сжатом, напряженном состоянии. Сравнение структуры сахара с его производными, не обладающими сладким вкусом, поможет в дальнейшем решить загадку сладости.

«Science News Letters», т. 88, 1965, № 6, р. 85 (США)

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Международная программа исследований верхней мантии Земли — крупнейший комплексный геофизический проект современности. Он имеет не только научный интерес, но и огромное практическое значение, так как речь идет об источниках сырья и энергии, изучении сущности процессов горообразования, землетрясений, вулканизма, раскрытии законов распространения месторождений полезных ископаемых и т. п.

Предложенный в 1960 г. в Хельсинки чл.-корр. АН СССР В. В. Белоусовым проект был принят, и с 1962 г. во всем мире начались исследования. В Чехословакии уже в 1961 г., применительно к условиям страны, был создан проект геофизических работ, который стал составной частью

государственного плана исследований. Он касается изучения гравитационного поля на территории Чехословакии, движений земной коры, сейсмичности районов Чехословакии и всей Европы, сейсмического моделирования земной коры и верхней мантии, изучения сейсмических волн и связи строения земной коры с их распространением, глубинного сейсмического зондирования, изучения свойств горных пород и, наконец, электрических так называемых теллурических токов. Эта чрезвычайно насыщенная программа в 1964 г. была дополнена геологическими задачами.

Чехословацкие геофизики принимают активное участие в руководстве работами и координации исследований по Международной программе. Они участвуют в конгрессах, международных комиссиях, организуют встречи ученых в Чехословакии. В феврале 1965 г. в Брно состоялся международный симпозиум по глубинному сейсмическому зондированию, большое значение имело рабочее совещание представителей геодезического и геофизического комитетов разных стран Евразии, прошедшее в марте 1965 г. в Праге. Существенный отклик получит и международный симпозиум по сейсмическому моделированию в Либлицах.

Bulletin Československé Akademie věd
č. 10, 1965 (Чехословакия)

БРОСАЙТЕ КУРИТЬ!

Согласно исследованиям, проведенным американскими учеными, к списку болезней, вызываемых длительным курением, добавляется еще рак мочевого пузыря.

Д-р Бен Кобб и д-р Джулион Анселл (госпиталь администрации по делам ветеранов в Сиэтле) сообщают, что из 136 больных раком мочевого пузыря 123 были сильно или умеренно курящими; 94% из них курили по 10 или более сигарет в день в течение не менее 30 лет. У этих пациентов было обнаружено повышенное содержание двух вредных веществ, образующихся в результате расщепления аминокислоты триптофана.

«Science News Letters», v. 88, 1965, № 7, p. 112 (США)

сотрудниками для работы в лабораториях. Договор подписали директора институтов проф. Оге Бор и акад. Б. П. Константинов.

Уезжали мы из Копенгагена с твердой уверенностью, что контакты между нашими двумя странами обоюдно полезны и будут крепнуть в дальнейшем.

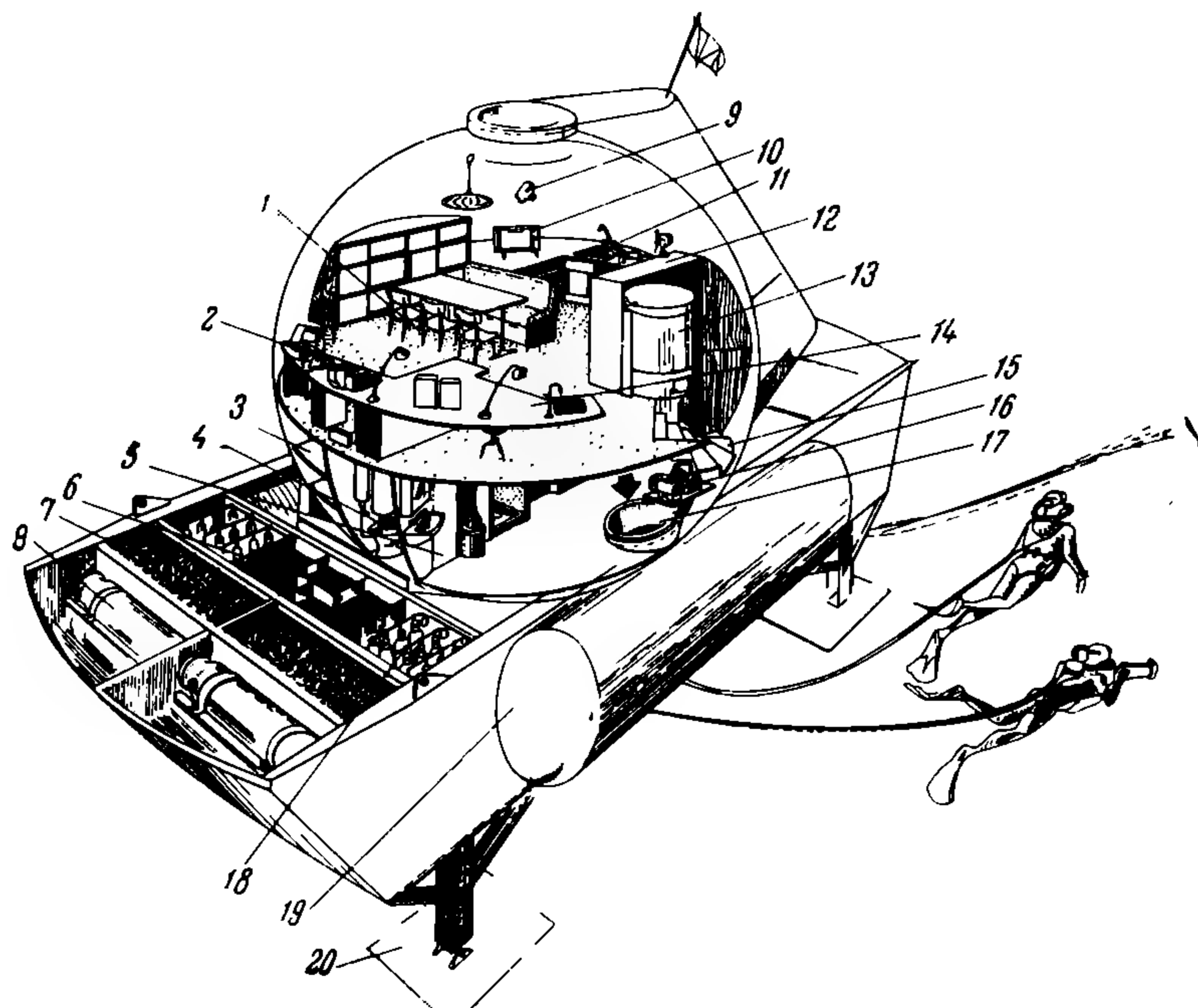
Академик Б. П. Константинов

РАССКАЗЫВАЕТ ЖАК ИВ КУСТО

«Наша команда трудится над решением проблемы жизни под водой на глубине 200 м. Если усилия увенчаются победой, то мы докажем человечеству возможность заселения мелководных морей, общая площадь которых равна территории всего азиатского континента». Так писал в период эксперимента в Красном море Жак Ив Кусто, определяя цели и задачи дальнейших исследований подводного мира.

Экспедиция «Прекоинтент-3»¹ — новая ступень в осуществлении широких планов «магистра глубин» — началась ранним утром 17 сентября 1965 г. 25 сентября подводный дом достиг проектной глубины в 110 м. Двадцать один день жили и работали шестеро исследователей на дне Средиземного моря. 14 октября в 17 час. 14 мин. шар, освобожденный от балласта, достиг поверхности. Целый месяц про-

¹ См. «Природа», 1965, № 11, стр. 119.



Прекоинтент-3» в разрезе: 1 — гостиная, 2 — измерительные инструменты и аппаратура связи, 3 — спальная комната, 4 — туалет, 5 — умывальник, 6 — сбрасываемый балласт, 7 — постоянный балласт, 8 — баллоны со сжатым воздухом, 9 — телепередатчик, 10 — радиоприемник, 11 — кухня, 12 — криогенератор, 13 — холодильник, 14 — лаборатория, 15 — трап, 16 — компрессор и декомпрессор, 17 — люк, 18 — запасные баллоны с гелием и кислородом, 19 — балластные цистерны, 20 — регулируемые опоры

вели океанавты в своем подводном жилище — они покинули его после декомпрессии лишь 17 октября.

О некоторых подробностях этого выдающегося эксперимента, о его значении рассказал в беседе с корреспондентом «Юманите» Жаком Рабатэ руководитель «Прекоинтента-3» капитан Кусто¹.

В ходе эксперимента мы намеревались, во-первых, определить возможность производства работ в условиях абсолютной безопасности в совершенно автономной глубоководной станции; во-вторых, выявить возможности людей, живущих в синтетической атмосфере, заниматься физическим и умственным трудом. В обоих случаях мы получили положительный ответ.

«Прекоинтент-3» наглядно доказал, что люди, находящиеся в подобных условиях, целиком сохраняют свою работоспособность. Ни они сами, ни остававшиеся на поверхности, не заметили в их поведении ни малейших изменений. Их умственные и физические способности, их сноровка были такими же, как и на земле. Возможность длительной работы на большой глубине бесспорно есть.

Жизни океанавтов не угрожала никакая опасность. Все шестеро в любой момент могли вернуться на поверхность без какой-либо помощи сверху. Такая вероятность была предусмотрена.

Самому опыту гораздо больше угрожало другое. Ведь снабжение дома энергией, радио-телевизионная и телеграфная связь обеспечивалась по кабелям. При почти постоянной плохой погоде мы опасались непоправимых разрывов. Если бы это произошло, люди бы исправили поломку, но опыт мог бы кончиться преждевременно. Подводные дома должны быть максимально независимы от поверхности, особенно в части снабжения энергией. Решить эту проблему можно различными путями, например используя ядерный реактор.

Итак, экспедиция «Прекоинтент-3» закончена. Исследователям предстоит обработать многочисленные данные, полученные в период подводной жизни. Далее, как сказал Кусто, их ждут глубины в 400 — 500 метров!

А. А. Чернов
Москва

¹ См. «L'Humanite Dimanche», 1965, № 34, p. 10—11.

О ПЕРЕСАДКЕ РОГОВИЦЫ

Доктор Поль Пейро (офтальмологический фонд Ротшильда во Франции) продемонстрировал возможность пересадки человеку роговицы, взятой от животного. Д-р Пейро и его помощники уже осуществили 44 таких операции.

В лаборатории д-ра Пейро вначале ставились опыты на животных одного вида и было сделано более тысячи таких пересадок, а затем уже на животных разного вида. Особенно успешно проходила пересадка роговицы крупного рогатого скота собакам и роговицы рыб кроликам и кошкам. Однако д-р Пейро и сейчас считает

количество опытов недостаточным. Наиболее важен, по его мнению, правильный выбор комбинации донора и реципиента. Так, роговица кролика отлично приживается при пересадке собакам, в то время как пересадка роговицы собак кроликам не удается.

В операциях на людях наилучшие результаты были получены при использовании консервированной, а не свежей роговицы. Донорами в этом случае чаще всего были собаки или телята.

«Medical tribune and medical news», v. 6, 1965, № 104, p. 2 (США)

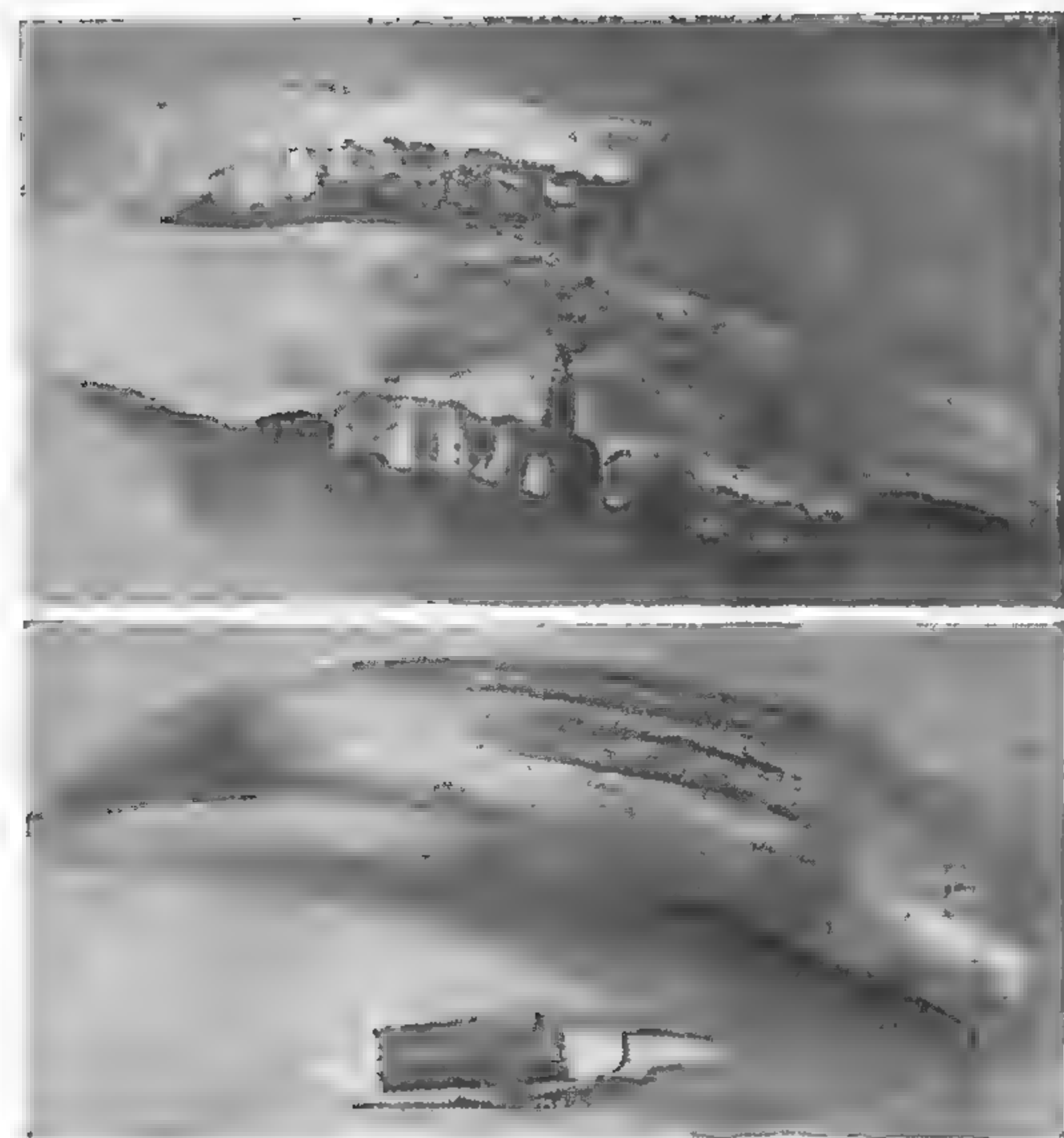
ИСКОПАЕМЫЙ БИЗОН В КАЗАХСТАНЕ

Геологи Восточно-Казахстанского геологического управления и алтайского отдела Института геологических наук им. К. И. Сатпаева совместно с палеозоологами Института зоологии АН Казахской ССР проводили исследования в районе Прииртышья. В четвертичных отложениях правого берега Иртыша, выше г. Павлодара, в районе с. Ямышево был обнаружен хорошо сохранившийся скелет крупного парнокопытного (см. рис.).

По определению сотрудника лаборатории палеобиологии Института зоологии АН КазССР Б. С. Кожамкуловой, этот скелет принадлежит самке короткого бизона — *Bison priscus diminutus* W., обитавшего в степях Казахстана в средне-позднечетвертичное время. Редкая находка короткого бизона представляет большой интерес для геологов и палеонтологов.

Ю. Г. Цехосский, В. М. Мацуей,
В. С. Ерофеев, П. Ф. Сасинов

Усть-Каменогорск



Обломки челюсти короткого бизона (сверху); рог найденного бизона (снизу)

ЗИМОВКИ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ

В северной и средней полосе Европейской части СССР ряд видов летучих мышей зимует в различного рода пещерах, гротах, искусственных сооружениях. В частности, на Урале в настоящее время известно достаточно большое количество пещер с зимующими в них рукокрылыми. Иногда летучие мыши зимуют в очень своеобразных условиях. Так, группой свердловских спелеологов была обследована вертикальная карстовая трещина-шахта Кургазак, расположенная на границе Челябинской области и Башкирской АССР, недалеко от р. Ай. Глубина этой трещины 47 м при незначительной ширине, сохраняющейся на всем протяжении. На глубине около 17 м от поверхности земли спелеологи обнаружили зимующих летучих мышей, висящих открыто на вертикальных стенах шахты. К сожалению, вид животных остался тогда неизвестным.

Зимой 1965 г. была обследо-

вана другая вертикальная карстовая трещина — «шахта 49», расположенная недалеко от пос. Сарана, Свердловской области. Открывается трещина на дне небольшой карстовой воронки, заносимой зимой снегом. Глубина трещины 49 м, ширина — от 0,5 до 2,5 м. В «шахте 49» зимой отмечена положительная температура: при морозе в 12° температура в различных участках трещины колебалась от 0,4 до 4,2° (относительная влажность — 90%). В этой вертикальной трещине нами найден зимующий северный кожанок (*Eptesicus nilssonii*).

Некоторые летучие мыши, зимующие в подобного рода вертикальных трещинах, по-видимому, погибают в результате осыпей и камнепадов. На дне «шахты 49» между камнями, осыпавшимися из верхней части трещины, найдено много костей погибших рукокрылых.

В. И. Б о л ь ш а к о в
Свердловск

ОСЕНЬ 1965 ГОДА

В последние 3—4 года на Европейской части СССР осень была необычно теплой. И в 1965 г. первый осенний месяц — сентябрь, также был теплым, однако уже в октябре появились предвестники зимы — холода и снегопады, а в ноябре в большинстве районов наступила настоящая зима.

В сентябре на Европейской территории СССР после частых летних дождей, в пышном зеленом наряде стояли леса, сады и газоны. В антициклоне, центральная часть которого длительное время располагалась над южными районами и в отдельные дни распространялась далеко к северу, температура воздуха в первой декаде даже на севере

днем достигала 22—27°. В Москве 8 сентября было 27°. В сентябре по сравнению с августом уменьшилось число дней с осадками, а в целом за месяц количество осадков оказалось ниже нормы¹. Особенно сухо и необычно жарко (до 33—36°) было в южных районах. На Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье стояла засуха.

Наступил октябрь — месяц, о котором Пушкин писал: «...уж роща отряхает последние листы с нагих своих ветвей...» Но в этом году было не так.

¹ Лишь отдельные ливневые дожди были обильными. Например, в Курской области за ночь 9 сентября в некоторых районах выпало до 40—73 мм.

Целых две недели не желтели листья на деревьях, не увядала зелень на лугах, леса и сады все еще стояли ярко-зелеными. Кажалось, что унылая осенняя пора еще очень далека. Однако уже в конце первой декады октября атмосферные процессы резко изменились. Идущие с Атлантики на восток циклоны, дойдя до Скандинавии и юга Баренцева моря, резко меняли свой путь и устремлялись на центральные и восточные районы Европейской части СССР. В тылу таких «ныряющих» циклонов холодный воздух из Арктики несколько раз проникал далеко к югу. Первая интенсивная волна холода осуществилась уже в конце первой, начале второй декады и сопровождалась снегопадами. В Москве 11 октября появились крупные хлопья первого снега, закружила метель. Она побелила густую зелень поздней листвы. В западных и центральных областях высота снежного покрова достигала 5—10 см, а в Белоруссии местами 13 см, температура опустилась до —6, —10° (в западных и южных районах до —2, —7°). Однако этот белый покров сохранился в течение только двух-трех дней, а затем снег стоял, и термометр опять стал показывать высокие температуры (до +10°).

Две следующие волны холода, также со снегопадами, охватившие почти всю территорию Европейской части СССР, обрушились в конце второй и середине третьей декады октября, когда температура воздуха понизилась в северных районах до —12, —17° а в центральной полосе до —8, —9°. На юге вторжение холодного воздуха сопровождалось сильными ливневыми дождями (в Ялте 10 октября за сутки выпало 54 мм осадков, на Черноморском побережье Кавказа местами до 70—72 мм, нередко ливни были с грозами). Часто дули сильные северные ветры. Особенно сильными они были на юге Баренцева моря, на Кольском полуострове и в Архангельской области в начале третьей декады, где достигли силы урагана (34—40 м/сек, с порывами до 50 м/сек). 22 октября в Архангельске Северная Двина напомнила кипящий котел: начался стремительный подъем воды. В городе были сломаны опоры линий электропередач и порваны провода. Этот ураганный ветер возник в результате смещения глубокого цик-

лона из р-на Шпицбергена на юго-восток Белого моря.

Каждая волна холода в октябре сменялась потеплением. Наиболее значительным оно было в конце месяца: в Московской области температура повысилась до 10—11°.

Последний месяц осени — ноябрь — начался на Европейской части СССР теплой погодой, с дождями и туманами. Ее приносили сюда идущие с Атлантики через юг Скандинавии циклоны. Но с начала второй декады ход атмосферных процессов резко изменился. Западный перенос вновь сменился северным; на Европейской части СССР массы арктического воздуха проникали далеко к югу и вызывали похолодания, интенсивные снегопады, метели, а в южных районах — гололеды. Уже в начале второй декады ноября не только на севере, но и в центральных и восточных районах установился снежный покров, к середине месяца снег лежал даже на Украине и в Молдавии, а к концу второй декады — и на Кавказе.

Образовавшийся в массах арктического воздуха антициклон способствовал дальнейшему выхолаживанию, и в середине месяца в центральных районах температура понизилась до 20—25° мороза, ниже нормы на 12—13°, что в ноябре бывает редко; на Украине до —10, —15°, а к концу второй декады холод проник на Кавказ и даже на Черноморском побережье похолодало до —2, —4°. Таким образом во второй декаде ноября на Европейской части СССР установилась настоящая зима. Правда, она длилась недолго и в конце месяца вновь наступила оттепель, которую принес с Атлантики быстро промчавшийся через Францию обширный циклон.

В Западной Сибири весь сентябрь и в большей части октября преобладала неустойчивая погода с дождями, а в октябре со снегом и метелями. Температура воздуха резко колебалась. Сюда часто приходили с запада и северо-запада или с Каспийского моря циклоны. В тылу их с севера устремлялись массы холодного воздуха: заморозки появились уже в сентябре. Однако похолодания быстро сменялись потеплениями и даже в середине октября в центре и на юге Западной Сибири температура днем повышалась до 17—22°, хотя в северных райо-

нах сохранялась зимняя погода с морозами в 25—30°.

В ноябре всю Западную Сибирь занял обширный антициклон, сформированный в арктическом воздухе, резко похолодало, а к середине месяца на юге морозы усилились до 25—33°.

Массы холодного воздуха также нередко распространялись и на территорию Средней Азии, где уже в сентябре появились первые заморозки, явление для этой зоны редкое. Однако не только сентябрьские, но и октябрьские, и ноябрьские заморозки оказались непродолжительными, и дневные температуры нередко повышались до 20—25°, а местами до 30—35°.

В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке неустойчивая погода преобладала в сентябре. В южной половине Хабаровского края, в Приморском крае и Амурской области, куда часто перемещались циклоны, держалась дождливая погода, в реках резко поднималась вода, некоторые из них вышли из берегов.

Жители северо-восточных районов нашей страны — востока Якутии и Чукотки уже в сентябре ощутили начало зимней стужи. На погоду этих районов большое влияние оказал антициклон, стоявший в течение сентября над восточным сектором Арктики. На Чукотке в отдельные дни мороз достигал 24—27°. Средняя месячная температура оказалась на 3—4° ниже нормы. Ниже нормы здесь она была и в октябре. Холодная зимняя погода в октябре наблюдалась также над севером Красноярского края, Якутии. На остальной территории Восточной Сибири и Дальнего Востока средняя месячная температура октября была выше нормы на 1—3°, хотя в третьей декаде и здесь наступило резкое похолодание, морозы достигали 23—28°, а в Якутии до 30—34°. Только в Забайкалье и в Приморском крае было относительно тепло. В ноябре на всей территории Восточной Сибири и Дальнего Востока стояла зимняя холодная погода, например в Якутии морозы достигали 50—55°, в Забайкалье — 34—38°. В среднем за месяц температура воздуха оказалась ниже нормы на 3—6°.

Западная Европа в сентябре находилась под влиянием интенсивной циклонической деятельности. Отдельные циклоны перемещались сюда как с Атлантики, так и со Средиземного моря.

Они приносили с собой неустойчивую прохладную и дождливую погоду. Особенно сильные и продолжительные дожди прошли в первой половине месяца над Италией, где вызвали наводнения. Было затоплено около 55 тыс. га земли, не обошлось и без человеческих жертв. В начале месяца ливневые дожди прошли и в Англии, Западной Германии, Австрии, где также вызвали сильные наводнения. Нередко дожди сопровождались ураганным ветром, который срывал крыши домов, вырывал с корнем деревья, переворачивал машины.

Резко изменились атмосферные процессы и направление воздушных потоков в октябре. В этом месяце Западная Европа часто находилась под влиянием антициклонов, которые приходили с северных районов Атлантики и Норвежского моря. Во всей нижней тропосфере над западными районами преобладал южный перенос и погода была теплой, а над восточными — северный, что вызвало здесь похолодание.

Не совсем обычно в ноябре развивались атмосферные процессы над Северной Атлантикой. Если в начале месяца хорошо была развита исландская депрессия, откуда циклоны перемещались к востоку через север Европы, то во второй декаде район Исландии был занят областью высокого давления, распространившейся сюда в виде отрога Гренландского антициклона. Такая циркуляция сохранялась почти до конца ноября, в результате чего на картах среднего давления за ноябрь исландская депрессия отсутствовала. Величина атмосферного давления превысила здесь норму на 16—18 мб. Это привело к тому, что над Северной Атлантикой в нижних слоях атмосферы преобладал восточный перенос воздушных масс, поэтому теплый воздух Атлантического океана не поступал на континент Европы.

Около середины ноября резкое похолодание в восточных странах Западной Европы — ФРГ, ГДР и Польше было обусловлено проникновением сюда арктического воздуха как со Скандинавии, так и с севера Европейской территории СССР. Средняя месячная температура воздуха над ФРГ, ГДР и Польшей, как и в странах Скандинавского полуострова, была ниже нормы на 3—4°.

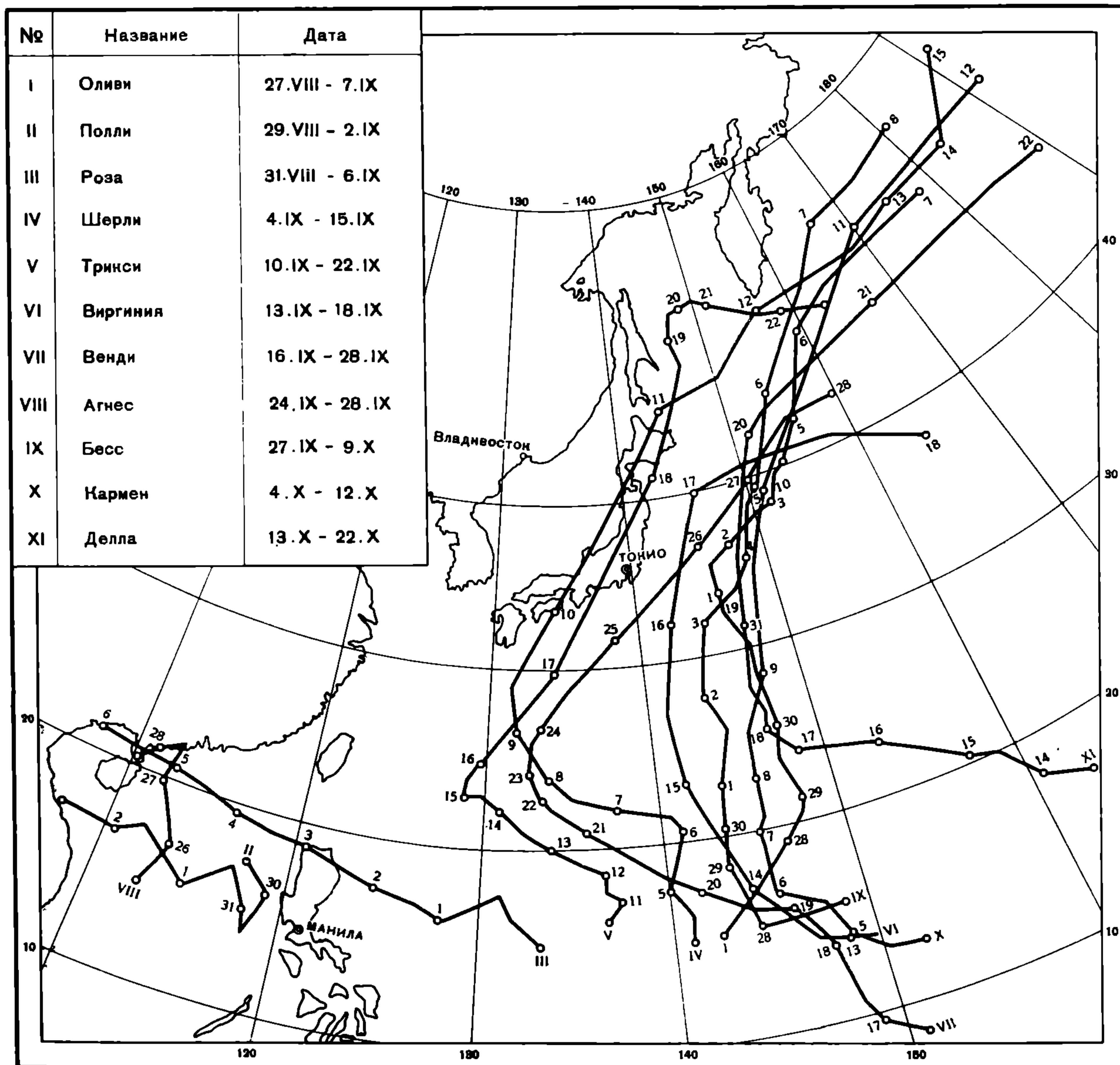
Активная циклоническая деятельность во второй половине

ноября развивалась вблизи Британских островов и Бискайского залива, откуда один за другим циклоны смещались на Англию и Францию, вызывая штормовую и дождливую погоду. Сильными ветрами в Париже были сорваны крыши на многих домах, повреждены телевизионные антенны, на некоторых дорогах было прекращено движение. Терпели бедствие многие рыболовные суда. Самый крупный пас-

сажирский лайнер «Франс» из-за шторма не мог войти в один из английских портов. В конце месяца глубокий циклон прошел от Бискайского залива, через Францию на ФРГ, ГДР, Польшу и Европейскую территорию СССР, и на большей части Европейской территории СССР после снегопадов и метелей наступила оттепель. Снежный покров, однако, сохранился.

Неустойчивая погода с рез-

кими колебаниями температуры воздуха осенью текущего года наблюдалась также в Северной Америке. В сентябре сюда часто в тыловой части циклонов вторгался арктический воздух. В Канаде были сильные снегопады, а в отдельные дни снег выпадал и на севере США. Аномалия средней месячной температуры над центральными районами Канады и большей частью США, исключая юго-восточные районы, достигала -3 , -5° .



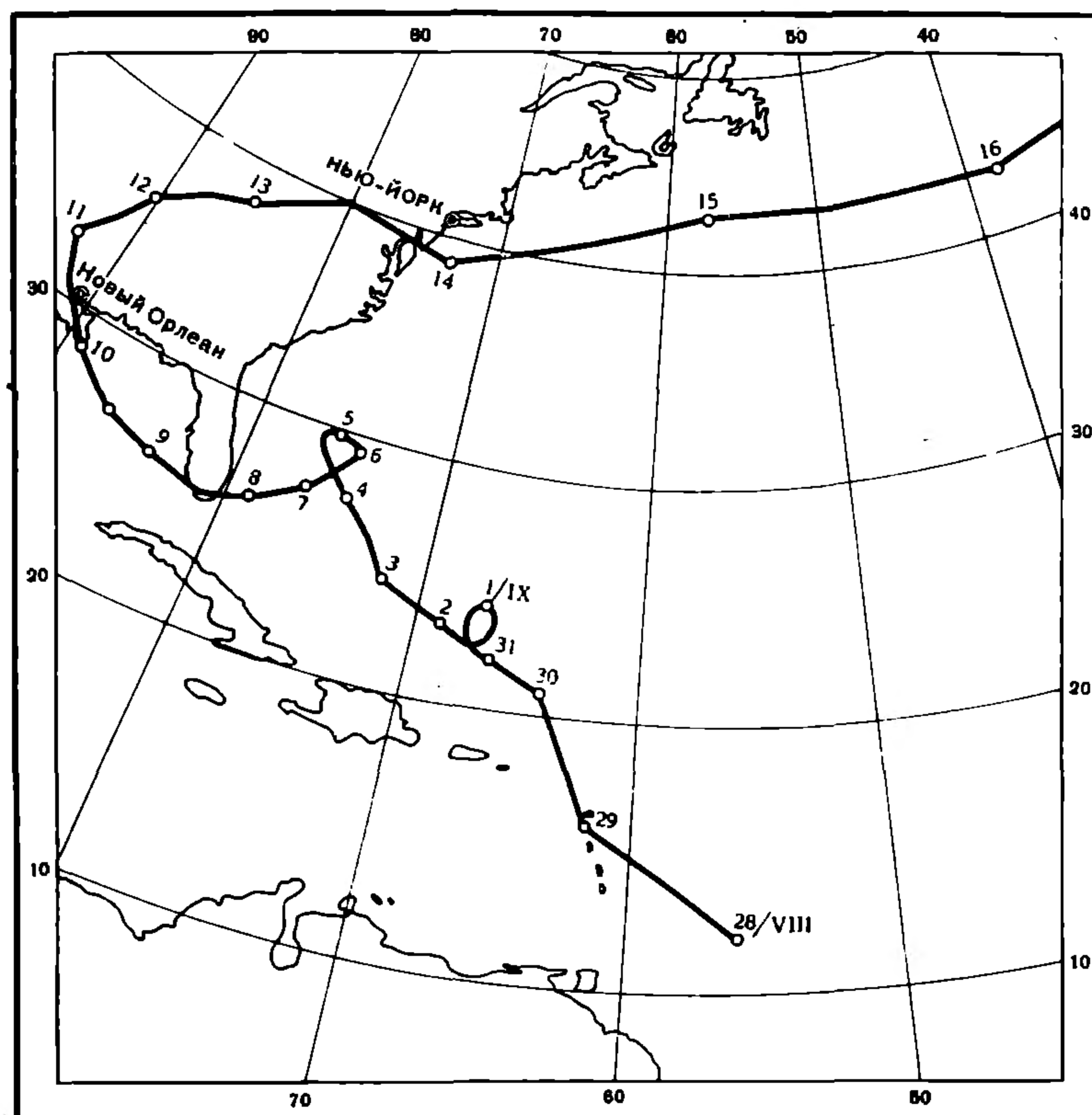
Пути тайфунов в сентябре — октябре 1965 г. (обозначены римскими цифрами). Арабские цифры указывают дни месяца

Атмосферные процессы над Северной Америкой в октябре характеризовались частым перемещением циклонов к востоку США, где наблюдалась неустойчивая с осадками погода, с большими колебаниями температуры. Западные и центральные районы США в октябре часто находились под влиянием малоподвижной субтропической области высокого давления; здесь была теплая сухая погода.

В ноябре над Северной Америкой преобладал западно-восточный перенос воздушных масс, который в отдельных случаях сменялся на северный. В начале месяца циклоны смещались от Аляскинского залива через Канаду к Гудзонову заливу и далее к западным и южным берегам Гренландии. Во второй и в третьей декаде ноября циклоны проходили южнее — через западные и центральные районы США к Нью-Фаундленду и далее также к берегам Гренландии. Эти циклоны приносили с собой обильные дожди, вызвавшие местами на западе США большой подъем воды, главным образом в горных реках, и причиняли большой ущерб (особенно в районе г. Лос-Анжелес). В северных и центральных районах США осадки нередко выпадали в виде снега. В тылу циклонов арктический воздух проникал далеко к югу, вызывая резкое похолодание, которое в отдельные дни достигало Мексиканского залива.

В низких широтах Тихого и Атлантического океанов осенью, особенно в сентябре, часто возникали тропические циклоны (тайфуны и ураганы). В юго-западной части Тихого океана за три осенних месяца обнаружено 13 тайфунов; из них 9 — в сентябре и по 2 тайфуна в октябре и ноябре. Большая часть тайфунов, возникающих у Марианских островов, перемещалась вначале к северо-западу; затем в районе тропика они меняли свою траекторию, устремлялись на север и северо-восток, достигая северных районов Тихого океана. Наибольшей интенсивности достигали тайфуны «Шерли» (минимальное давление в центре 940 мб, максимальный ветер — 55 м/сек), «Трикси» (минимальное давление 930 мб, максимальный ветер 60 м/сек), «Бесс» (минимальное давление 900 мб, максимальный ветер 75 м/сек).

Тайфуны «Шерли» и «Трикси», перемещаясь один за другим в



Путь урагана «Бетси» 28 августа — 17 сентября 1965 г.

северные широты, прошли через Японские острова на Охотском море. «Шерли» проходил Японию 10—11 сентября. Сопровождавшие его ураганные ветры и проливные дожди причинили большой ущерб стране. Более 45 тыс. домов залито водой, около 4 тыс. разрушено, во многих местах произошли обвалы, было много человеческих жертв. Пройдя 11 сентября через пролив Лаперуза, тайфун вышел на Охотское море, вызвав на Курильских островах и значительной части Сахалина сильные дожди и ураганные ветры, затем 12 сентября, утратив свою интенсивность, как обычный циклон прошел у южных берегов Камчатки на север Тихого океана.

Не успели жители Японии освободиться от последствий тайфуна «Шерли», как радиостанции страны предупредили о приближении нового тайфуна «Трикси». По сообщениям японских метеорологов «Трикси» самый сильный тайфун в 1965 г. Ширина зоны причиненных им разрушений

достигала 300 км. Скорость ветра в Токио достигла 37 м/сек, а на юге страны даже 55 м/сек. Сильные проливные дожди наблюдались в большей части Японии. В центральных районах за сутки выпало до 200—300 мм. Около 1 млн. домов было затоплено водой, смыты и полностью разрушены тысячи домов, предприятий и учреждений, выведено из строя до 16 железнодорожных линий. Погибло и пропало без вести более ста человек, 300 человек получили ранения.

Произведя большие разрушения в Японии, тайфун «Трикси» достиг Охотского моря, где бушевал с 18 по 21 сентября. На Сахалине и Курильских островах наблюдались ураганные ветры до 25—30 м/сек, а местами и до 40 м/сек. В центральных и южных районах Сахалина за сутки выливалось до 100—150 мм осадков. Обильные и продолжительные дожди вызвали большой подъем воды в реках, некоторые из них вышли из берегов.

В начале октября семь япон-

ских рыболовных судов оказались жертвой тайфуна «Кармен» в районе Марианских островов.

Интересно отметить, что пути тайфунов в 1965 г. значительно отличались от 1964 г. В то время как в 1964 г. тайфуны от Марианских островов двигались преимущественно на запад, на Филиппинские острова и Южно-Китайское море, в 1965 г., возникая в районе Марианских островов, они перемещались преимущественно к северу и северо-востоку, в северные широты Тихого океана.

В Атлантическом океане осенью текущего года было отмечено четыре урагана, из них три в сентябре и один — октябре. Наиболее интенсивным был ураган «Бетси». Он возник еще в конце августа восточнее Малых Антильских островов и сначала смещался к северо-западу, а 5 и 6 сентября прошел над Багамскими островами, где причинил большие разрушения, особенно в

районе Нассау. Затем, сделав замкнутую петлю, он неожиданно изменил свое направление. Двигаясь к югу и юго-западу, 8 сентября он обрушился на южное побережье Флориды, затем вышел на Мексиканский залив. Ураганные ветры со скоростью 60—75 м/сек и проливные дожди причинили большие разрушения в ряде городов юга США. Гонимые ветром волны достигали огромных размеров, они прорвали дамбы, затопили несколько городов. Слой воды на улицах достигал 2 м. Особенно пострадал г. Новый Орлеан. Около берегов Флориды терпели бедствие суда. Значительно ослабев, 14 сентября «Бетси» вышел в Атлантический океан и как обычный циклон 18 сентября достиг берегов Европы.

Т. Ф. Б а т я е в а,
Т. В. С и д о ч е н к о

Кандидаты географических наук
Москва

испытатель (Г. К. Цверава. Прокоп Дивис. 1698—1765). Л. С. Кишкин (112). Проблема межзвездных связей (Внеземные цивилизации). А. Д. Урсул (113). Коротко о книгах (26, 48, 68, 101).

Новости, события, факты.

Нобелевская премия по физике 1965 года. А. Ф. Андреев, Б. И. Питаевский (115). Золотая медаль имени М. В. Ломоносова 1965 года (115). Гипотеза ударных волн в Галактике (116). Новые пути лечения нематодозов. А. А. Спасский (116). Автомат для синтеза белка (117). Космический полет кораблей «Джеминай-6» и «Джеминай-7». Ф. В. Романов (118). IV Международный спелеологический конгресс. К. А. Горбунова (118). Приманка для мух (119). Научные институты Дании. Б. П. Константинов (120). Почему сахарин сладкий? (120). Исследования верхней мантии Земли (121). Рассказывает Жак Ив Кусто. А. А. Чернов (122). Бросайте курить! (122). О пересадке роговицы (123). Ископаемый бизон в Казахстане. Ю. Г. Цеховский, В. М. Мацуи, В. С. Ерофеев, П. В. Савинов (123).

Календарь природы. Зимовки летучих мышей. В. Н. Большаков (124). Осень 1965 года. Т. Ф. Батяева, Т. В. Сидченко (124).

В НОМЕРЕ:

Академик С. П. Королев . . . 36
Заметки, наблюдения. «Сражение» над озером. В. Г. Аксенов (17). В горах Верхоянья. Б. П. Прокопчук (74).

Ответы на вопросы читателей.
Релятивистский «приблизитель» или «удалитель». С. М. Рытов 106

Книги. Важнейший метод кибернетики (И. Б. Новик. О моделировании сложных систем). В. А. Бокарев (109). Тайны зеленого листа (С. И. Вольфович, Д. А. Биленкин. Химия создает континенты). Н. И. Никитин (111). Выдающийся чешский естество-

Художественный редактор З. К. Тарасенко

Технический редактор Д. И. Флейшман

А Д Р Е С Р Е Д А К Ц И И: Москва, Ж-127, ул. Осипенко, 52, тел. В 1-76-80

Подписано к печати 5/II 1966 г.

Т-01896

Формат бумаги 82×108¹/₁₆

Печ. л. 13,7+3 вклейки

Уч.-изд. л. 15

Бум. л. 4

Тираж 32 000 экз.

Заказ 3462

2-я типография издательства «Наука». Москва, Шубинский пер., 10

УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!
В магазинах
«Академкниги»
и книготоргов
можно купить
следующие книги:

Бугаенко Л. Т., Калязин Е. П.
ХИМИЯ РАДИАЦИОННАЯ
(химическое действие ядерных излучений). (Научно-популярная серия). 1963, 135 стр., 20 коп.

Авторы раскрывают большое будущее энергии ядерных излучений, рассказывают о механизме химического действия ядерных излучений, о содержании и основных проблемах радиационной химии, о месте новой науки среди других естественных наук.

Прянишников Д. Н. **ПОПУЛЯРНАЯ АГРОХИМИЯ.** 1965, 397 стр., 1 р. 50 к.

В книгу вошли научно-популярные статьи одного из основателей советской агрохимии Дмитрия Николаевича Прянишникова. В сборнике — статьи, написанные автором в период с 1919 по 1945 гг. по вопросам: химизация земледелия в СССР, удобрения и урожай, удобрения и севооборот и др.

Шафрановский И. И. **АЛМАЗЫ.** (Научно-популярная серия). 1964, 174 стр., 27 коп.

История алмаза — одна из любопытнейших страниц истории материальной культуры. Эта книга рассказывает о свойствах алмазов, об их применении для резки, полировки, сверления и обточки камней и металлов, о роли алмазов в исследовании земных недр.

Для получения книг почтой заказы направлять по адресу: Москва, Центр, Б. Черкасский пер., 2/10, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкниги».

Адреса магазинов «Академкниги»: Москва, ул. Горького, 8 (магазин № 1); Москва, ул. Вавилова, 55/5 (магазин № 2); Ленинград, Д-120, Литейный проспект, 57; Свердловск, ул. Белинского, 71-в; Новосибирск, Красный проспект, 51; Киев, ул. Ленина, 42; Харьков, Уфимский пер., 4/6; Алма-Ата, ул. Фурманова, 139; Ташкент, ул. Карла Маркса, 29; Ташкент, ул. Шота Руставели, 43; Баку, ул. Джапаридзе, 13; Уфа, 55, проспект Октября, 129.

«АКАДЕМКНИГА»

50 коп.

Индекс 70707



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»